

DEMAM | GORCEIX




DEPARTAMENTO DO
MEIO AMBIENTE

Fundação
GORCEIX



**PLANO INTERMUNICIPAL DE GESTÃO
INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO
CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL
MULTISSETORIAL DO VALE DO PIRANGA
(PIGIRS/CIMVALPI)**

**PRODUTO 06 – MAPEAMENTO DAS ÁREAS
FAVORÁVEIS À IMPLANTAÇÃO DE CENTRO DE
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - CTRS**

REVISÃO Nº	DATA	MODIFICAÇÃO	RESPONSÁVEL	ASSINATURA
0		Emissão Inicial	Marco Pedrosa	
1		Ajustes e complementações	Carolina Queiroz	
2		Emissão da Versão Final	Marco Pedrosa	
3				

PREFEITURAS MUNICIPAIS

MUNICÍPIO	PPREFEITO (A)	VICE-PREFEITO (A)
Abre Campo	Márcio Moreira Victor	José Raimundo da Silva
Acaiaca	Luiz Carlos Faustino	Gieze Ferreira Pinto
Alvinópolis	João Batista Mateus de Moraes	Ledes Cota
Amparo do Serra	Astolfo Gomes Fuscaldi	Waltencil de Almeida Júnior
Araponga	Luíz Henrique Macedo Teixeira	Vander Jose Araújo Sampaio
Barra Longa	Mário Antônio Coelho	--
Cajuri	Ricardo Augusto Dias de Andrade	Maria Eliza de Assis Silva
Canaã	Sebastião Hilário Bitencourt	José Ivanir Miranda Duarte
Caputira	Celso Gonçalves Antunes	--
Coimbra	Maria Raimunda dos Santos Martins	Nilson Geraldo Ladeira
Congonhas	José de Freitas Cordeiro	Arnaldo Osório
Desterro de Entre Rios	Antônio Pereira de Moraes	Silvio José de Moura
Diogo de Vasconcelos	Domingos Antunes de Freitas	João Claudio de Souza
Dom Silvério	Joao Bosco Coelho	Luiz Carlos Coelho
Guaraciaba	Gustavo Castro de Andrade	Adriano de Andrade Militão
Itabirito	Orlando Amorim Caldeira	Élio da Mata Santos
Jequeri	Adilson Lopes Silva	--
Mariana	Duarte Eustáquio Gonçalves Júnior	Newton Geraldo Xavier Godoy
Matipó	Valter Mageste de Ornelas	Joaquim Bifano Magalhães
Oratórios	José Antônio Delgado	Maria Ubaldo Girundi
Ouro Branco	Hélio Márcio Campos	Celso Roberto Vaz
Ouro Preto	Júlio Ernesto de Grammont M. de Araújo	Ailton Miranda Silva
Paula Cândido	Marcelo Rodrigues da Silva	Paulo César Gonçalves
Pedra do Anta	João Batista Viana	Clovis Sampaio de Lana
Piedade de Ponte Nova	Antonio Mayrink Bordoni	Celso Roberto Pereira
Ponte Nova	Wagner Mol Guimarães	Valéria Alvarenga
Porto Firme	Reginaldo Barbosa Gonçalves	José Alessandro Teixeira Silva
Raul Soares	Vicente Rufino Osorio	Altivo de Sousa Melo

Rio Casca	Adriano de Almeida Alvarenga	Marleyde de Paula Miranda
Rio Doce	Silvério Joaquim Aparecido da Luz	Mauro Pereira Martins
Santa Cruz do Escalvado	Sônia Maria Untaler da Silveira	Dimas Silva Ferraz
Santo Antônio do Grama	Claudio Cimpricio Ribeiro	--
São José do Goiabal	Jose Roberto Gariff Guimaraes	Geraldo Magela Soares
São Pedro dos Ferros	Newton Gabriel Avelar	Jose Soares Caldas
Sem-Peixe	Domingos Sávio de Miranda Paiva	Romar Chaves Canazart
Sericita	Marilda Eni Coelho Reis	Hilo Santana
Teixeiras	José Diogo Drumond Neto	Teodorico Saraiva de Freitas
Urucânia	Frederico Brum de Carvalho	Luzia da Luz Ferreira Silva
Vermelho Novo	Geraldo José do Carmo	Durval Elizario de Souza
Viçosa	Ângelo Chequer	Arnaldo Dias de Andrade
Visconde do Rio Branco	Iran Silva Couri	Maurício José da Silva

Grupo de Trabalho e Acompanhamento – GTA

Município de Abre Campo

Titulares

Luiz Henrique Martins Fernandes
Márcio Moreira Victor

Suplentes

Fernando Salti Neto
Vitor Henrique

Município de Acaiaca

Titulares

Allyson Lopes de Oliveira
Luiz Carlos Faustino

Suplentes

Jadir Martins da Silva
Wvaldo Camilo Gomes

Município de Alvinópolis

Titulares

João Batista Mateus de Moraes

Suplentes

Carlos Alexandre

Município de Amparo do Serra

Titulares

Adriano Rezende Rafael
Astolfo Gomes Fuscaldi

Suplentes

José Lourenço Coelho
Gislander Neves Marques

Município de Araponga

Titulares

Agnaldo de Paula
Luiz Henrique Macedo Teixeira

Suplentes

Francisco Gurgel Viana

Município de Barra Longa

Titulares

Rúbia Lemos Ferreira Carneiro

Suplentes

Caetano de Mello Etrusco Carneiro

Município de Cajuri

Titulares

Clayton Leite Moreira

Suplentes

Lucas Mucida Rodrigues Oliveira

Município de Canaã

Titulares

HygorLelis
Alessandra Martins Miranda Silva

Suplentes

Saulo Brumano Reis Filho

Município de Caputira

Titulares

Cícero Palmeira
Celso Gonçalves Antunes

Suplentes

Luiz Henrique Martins Fernandes
Jatir Soares de Freitas

Município de Coimbra

Titulares

Edson Carlos Teixeira
Maria Raimunda dos Santos Martins

Suplentes

Frederico Santos de Moura

Município de Congonhas

Titulares

José de Freitas Cordeiro

Suplentes

Neilor Souza Arão

Município de Desterro de Entre Rios

Titulares

Marco Antônio Rocha Golvêa

Suplentes

Fábio José Peixoto

Município de Diogo de Vasconcelos

Titulares

Igor Gomes Cardoso
Izabel Sales Campos

Suplentes

Cássio José de Oliveira
Wagner da Silva Luiz

Município de Dom Silvério

Titulares

João Bosco Coelho

Suplentes

Agostinho Ascenção Teodoro

Município de Guaraciaba

Titulares

Fernanda Aparecida do Carmo

Suplentes

Arthur Barros Guimarães

Município de Itabirito

Titulares

Ronaldo Gurgel
Orlando Amorim Caldeira

Suplentes

Andreza Martins de Souza
Patrícia Dantas

Município de Jequeri

Titulares

Tiago Máfia
Adilson Lopes Silva

Suplentes

Aline Calai
Marco Cardoso Júnior

Município de Mariana

Titulares

Denise Coelho de Almeida
Duarte Eustáquio Gonçalves

Suplentes

Antônio Moraes Lopes Júnior

Município de Matipó

Titulares

Vilma Matias

Cláudio Lino da Silva

Suplentes

Eduardo Moreira Bastos
Município de Oratórios

Titulares

Nivaldo Vieira da Silva Júnior
José Antônio Delgado

Suplentes

Juliano Vieira

Município de Ouro Branco

Titulares

Hélio Marcio Campos

Suplentes

Vasco
Luciana Fernandes Novais

Município de Ouro Preto

Titulares

Julio César Elias Fontes Pedrosa
Júlio Ernesto de Grammont de Araújo

Suplentes

Roberto Papa Camilo Arsênio

Município de Paula Cândido

Titulares

Jarbas Ribeiro dos Santos
Everaldo Roberto da Conceição

Suplentes

Gilberto Cláudio Vieira

Município de Pedra do Anta

Titulares

Juliana de Oliveira Viana
João Batista Viana

Suplentes

Agnaldo Roberto Viana

Município de Piedade de Ponte Nova

Titulares

Jordane Vieira Piovezana
Antônio Mayrink Bordoni

Suplentes

Diego Nicomedes da Silva
Ramon Vieira da Veiga

Município de Ponte Nova

Titulares

Isadora Barbosa Fernandes

Suplentes

Bruno Oliveira do Carmo

Município de Porto Firme

Titulares

José Alessandro Teixeira Silva

Reginaldo Barbosa Gonçalves

Suplentes

José Marcelo Maia Sobreira

José Alessandro Teixeira Silva

Município de Raul Soares

Titulares

Rafael Machado Vieira

Suplentes

Raíssa Fioravante Correa

Município de Rio Casca

Titulares

Amon Cosmo Gurgel Moreira

Adriano de Almeida Alvarenga

Suplentes:

Daniel de Abreu Milagre

Município de Rio Doce

Titulares

Rodrigo Paiva Ribeiro

Matheus Henrique Pelinsari

Suplentes

Thaís Vieira Pereira

Valéria Fernandes Albergaria

Município de Santa Cruz do Escalvado

Titulares

José Jaime de Souza

Suplentes

Aloísio Marcos Lana Carvalho

Pedro

Município de Santo Antônio do Grama

Titulares

Marcelo Polesca

Cláudio Simprício Ribeiro

Suplentes

Jairo Henrique

Município de São José do Goiabal

Titulares

Júlio Correa Guimarães

Suplentes

Ícaro Roque

Município de São Pedro dos Ferros

Titulares

Newton Gabriel Avelar

Suplentes

José Marcos Triani D'Ávila

Município de Sem-Peixe

Titulares

Ernani Souza Silva

Suplentes

Éder Eloi Pena

Município de Sericita

Titulares

José Marcos de Lima

Suplentes

Moisés Felício Cassiano

Município de Teixeira

Titulares

Teodorico Saraiva de Freitas

José Diogo Drumond Neto

Suplentes

Bruno Lima Mendonça

Município de Urucânia

Titulares

Daysiane Pereira Viana
Frederico Brum de Carvalho

Suplentes

Pedro Henrique Souza de Miranda

Município de Vermelho Novo

Titulares

Patrícia Aparecida da Silva

Suplentes

César Augusto Campos Peres

Município de Viçosa

Titulares

Murilo Pizato Marques

Suplentes

Luciano Piovesan Leme

Município de Visconde do Rio Branco

Titulares

Lidiane Ferraz Vicente

Suplentes

Odilon Brás

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL MULTISSETORIAL DO VALE DO PIRANGA

CNPJ: 19.738.706/0001-83

Rua Jaime Pereira, 186. Progresso – Ponte Nova/ MG

CEP: 35430-186

Telefone: + 55 31 3881-3211

<http://www.cimvalpi.mg.gov.br/>



EQUIPE DE COORDENAÇÃO

Silvério Joaquim Aparecido da Luz

Presidente

Prefeito de Rio Doce

Frederico Brum de Carvalho

1º Vice-presidente

Prefeito de Urucânia

José Antônio Delgado

2º Vice-presidente

Prefeito de Oratórios

José Adalberto de Rezende

Diretor Institucional

Eduardo Pereira Real

Diretor Técnico

Ana Carolina Queiroz

Verificação Técnica – APÓ Consultoria
Territorial e Ambiental

CONSELHO FISCAL

MEMBROS EFETIVOS

Wagner Mol Guimarães

Prefeito do Município de Ponte Nova;

Claudio Cimpricio Ribeiro

Prefeito do Município de Santo Antônio do
Grama

Domingos Sávio de Miranda Paiva

Prefeito de Municipal de Sem Peixe

José Roberto Gariff Guimarães

Prefeito do município de São José do Goiabal

Adriano de Almeida Alvarenga

Prefeito Municipal de Rio Casca

MEMBROS SUPLENTE

Gustavo Castro de Castro

Prefeito Municipal de Guaraciaba

Márcio Moreira Vítor

Prefeito Municipal de Abre Campo

Newton Gabriel Avelar

Prefeito de Municipal de São Pedro
dos Ferros

Domingos Antunes de Freitas

Prefeito Municipal de Diogo de
Vasconcelos

Adilson Lopes da Silva

Prefeito Municipal de Jequeri.

EMPRESA EXECUTORA – FUNDAÇÃO GORCEIX

CNPJ: 230.631.180/0001-64

Rua Carlos Walter Marinho Campos, 57. Vila Itacolomy – Ouro Preto/MG

CEP: 35400-000

Telefone: + 55 31 3559 7168

www.gorceix.org.br



EDUCAÇÃO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AÇÃO SOCIAL

Cristovam Paes de Oliveira

Presidente da Fundação Gorceix

Reinaldo Otávio Alves de Brito Pinheiro

Superintendente da Fundação Gorceix

EQUIPE TÉCNICA – DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE

Wilson José Guerra

Diretor do DEMAM

Bióloga

MSc. em Engenharia Ambiental

Marco Antônio Ferreira Pedrosa

Gerente de Projetos do DEMAM

Engenheiro Ambiental e de Seg. do Trabalho

MSc. em Geotecnia.

Priscila Martins

Geógrafa e Técnica em Meio Ambiente

Cynthia Fantoni Alves Ferreira

Engenheira Civil, Sanitarista e Ambiental

Dra. em Engenharia Sanitária e Ambiental

Ricardo Reis

Economista

Hugo Barcellos

Engenheiro Ambiental

Taynara Stephanie Melo Brito

Engenheira Ambiental

Jeam Marcel Pinto de Alcântara

Geógrafo e Mobilizador Social

Thaíssa Jucá Jardim Oliveira

Engenheira Ambiental

MSc. em Tecnologias Ambientais

José Francisco do Prado Filho

Ecólogo

Dr. em Ciências da Engenharia Ambiental

Valéria Campos Garcia

Engenheira Ambiental

MSc. em Engenharia de Minas

Marco Antônio Nicolato Medírcio

Advogado

MSc. em Direito

Angélica Dias

Graduanda em Ciências Econômicas

Marcone Jamilson Freitas Souza

Engenheiro Metalúrgico

Pós Dr. em Engenharia de Sistemas e

Computação

Patrick Moreira Rosa

Graduando em Ciências da Computação

Tamires da Silva Estevam

Graduanda em Engenharia Ambiental

Marina de Medeiros Machado

Engenheira Ambiental

Dra. em Engenharia Ambiental

Thaís Padula Trombeta

Graduanda em Arquitetura

Thalita Ramos Souza Cunha

Graduanda em Engenharia Ambiental

Marineide de Freitas Gonçalves

Vanessa Rezende Cerceau Ibraim

Graduanda em Engenharia Ambiental

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA DEFINIÇÃO DE LOCALIZAÇÃO DE CTR E ARRANJOS TERRITORIAIS CIMVALPI.....	20
FIGURA 2 – FLUXOGRAMA PARA ANÁLISE DOS CUSTOS ASSOCIADOS AOS ARRANJOS TERRITORIAIS CIMVALPI.	22
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO CIMVALPI.....	23
FIGURA 4 - REDE VIÁRIA E FERROVIÁRIA QUE INTERCEPTAM OS MUNICÍPIOS DO CIMVALPI.....	24
FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA ÁREA DO PIGIRS, SEGUNDO ALVARES ET AL. (2014).....	26
FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO TERRITÓRIO DO PIGIRS.....	27
FIGURA 7 - REDE HIDROGRÁFICA PRINCIPAL DA UPGRH DO1.....	28
FIGURA 8 - REDE HIDROGRÁFICA PRINCIPAL DA UPGRH SF5.....	30
FIGURA 9 - REDE HIDROGRÁFICA PRINCIPAL DA UPGRH SF2.....	31
FIGURA 10 - REDE HIDROGRÁFICA PRINCIPAL DA UPGRH SF3.....	32
FIGURA 11 - REDE HIDROGRÁFICA PRINCIPAL DA UPGRH DO2.....	33
FIGURA 12 - REDE HIDROGRÁFICA PRINCIPAL DA UPGRH PS2.....	34
FIGURA 13 - MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DO PIGIRS.....	36
FIGURA 14 - COMPLEXO AEROPORTUÁRIO E ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA NA ÁREA DO PIRGIRS.....	38
FIGURA 15 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DO PIGIRS.....	43
FIGURA 16 - PADRÕES DE RELEVO DA ÁREA DO PIGIRS.....	47
FIGURA 17 - CORRELAÇÃO ENTRE AS FEIÇÕES DO RELEVO E A ALTITUDE (M) DA ÁREA DO PIGIRS.....	49
FIGURA 18 – MAPA HIPSOMÉTRICO DA ÁREA DO PIGIRS.....	51
FIGURA 19 – MAPA DE DECLIVIDADE (%) DA ÁREA DO PIGIRS.....	52
FIGURA 20- CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS DA ÁREA DO PIGIRS.....	56
FIGURA 21- MAPA DAS UNIDADES HIDROLITOLÓGICAS E DA LITOLOGIA DAS UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DOS MUNICÍPIOS DO CIMVALPI.....	61
FIGURA 22 - MAPA PRODUTIVIDADE DAS UNIDADES HIDRO ESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DOS MUNICÍPIOS DO CIMVALPI.....	62
FIGURA 23 - DOMÍNIOS E SUBDOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS DA ÁREA DOS MUNICÍPIOS DA ÁREA DOS MUNICÍPIOS DO CIMVALPI.....	64
FIGURA 24 - LITOLOGIA HIDROGEOLÓGICA DA ÁREA DOS MUNICÍPIOS DO CIMVALPI.....	66
FIGURA 25 - CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO PRESENTE NA ÁREA DO PIGIRS.....	68
FIGURA 26 - FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL MONTANA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO PRESENTES NA ÁREA DO PIGIRS.....	69
FIGURA 27 - EXEMPLOS DE CAMPOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO PRESENTES NA ÁREA DO PIGIRS.....	70

FIGURA 28 - EXEMPLOS DE CAMPOS RUPESTRES EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO PRESENTES NA ÁREA DO PIGIRS.	71
FIGURA 29 - FORMAÇÕES SAVÂNICAS LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE OURO PRETO.	72
FIGURA 30 - EUCALIPTAL NO PARQUE ESTADUAL DO ITACOLOMI, UNIDADES DE CONSERVAÇÃO PRESENTES NA ÁREA DO PIGIRS.	73
FIGURA 31 - MAPA DA INTEGRIDADE DA FLORA COM INDICAÇÃO DAS ZONAS DE PRIORIDADE DE CONSERVAÇÃO DA FLORA NA ÁREA DO PIGIRS.	75
FIGURA 32 - LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL NA ÁREA DO PIGIRS.	77
FIGURA 33 - LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS ÁREA DO PIGIRS.	79
FIGURA 34 - LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO MUNICIPAIS NA ÁREA DO PIGIRS.	80
FIGURA 35 - LOCALIZAÇÃO DAS RESERVAS DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA E DA SERRA DO ESPINHAÇO NA ÁREA DO PIGIRS.	81
FIGURA 36 - ESPÉCIES DE MAMÍFEROS NÃO VOADORES EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA ÁREA DO PIGIRS.	84
FIGURA 37 - EXEMPLAR DE MURIQUI <i>BRACHYTELES HYPOXANTHUS</i> FOTOGRAFADO NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO BRIGADEIRO-MG.	85
FIGURA 38 - EXEMPLAR DE AVES FOTOGRAFADAS NO PARQUE NATURAL MUNICIPAL DAS ÂNDORINHAS.	88
FIGURA 39 – REGISTROS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE ANFÍBIOS PRESENTES NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO PIGIRS/CIMVALPI.	90
FIGURA 40 - ESPÉCIES DE ANFÍBIOS DE RELEVÂNCIA TAXONÔMICA, ZOOGEOGRÁFICA E/OU CONSERVACIONISTA DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO BRIGADEIRO-MG.	91
FIGURA 41 - APLICAÇÃO DA AHP E ANÁLISES ESPACIAIS PARA ESCOLHA DE ÁREAS DE IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTO.	94
FIGURA 42 - ESCALA DE COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS SEGUNDO SAATY (1990; 1987).	95
FIGURA 41 - CLASSES DAS VARIÁVEIS DE PONDERAÇÃO E SEUS RESPECTIVOS PESOS AHP.	105
FIGURA 44 – PRIORIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS SELECIONADOS PARA AVALIAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO CIMVALPI.	106
FIGURA 45 – MAPA DE APTIDÃO PARA A INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RS.	108
FIGURA 46 – MAPA DE APTIDÃO PARA A INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RS COM RESTRIÇÕES AMBIENTAIS E LOCACIONAIS.	110
FIGURA 47 – MAPA DE APTIDÃO PARA A INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RS COM INDICAÇÃO DOS DECLIVES MAIORES QUE 30%.	112
FIGURA 48 - MAPA DE APTIDÃO PARA A INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RS COM AS RESTRIÇÕES.	114
FIGURA 49 - ETAPAS PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PELA PESQUISA OPERACIONAL.	116
FIGURA 50 - LOCALIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EXISTENTES NA ÁREA DO CIMVALPI E CONSIDERADAS NA MODELAGEM.	131

FIGURA 51 - LOCALIZAÇÃO DAS POSSÍVEIS ÁREAS PARA A INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE GERENCIAMENTO DE RS DO CIMVALPI – PARTE 1.	135
FIGURA 52 - LOCALIZAÇÃO DAS POSSÍVEIS ÁREAS PARA A INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE GERENCIAMENTO DE RS DO CIMVALPI – PARTE 2.	136
FIGURA 53 - LOCALIZAÇÃO DAS POSSÍVEIS ÁREAS PARA A INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE GERENCIAMENTO DE RS E DAS RESTRIÇÕES AMBIENTAIS E LOCACIONAIS DO CIMVALPI - PARTE 1. ...	138
FIGURA 54 - LOCALIZAÇÃO DAS POSSÍVEIS ÁREAS PARA A INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE GERENCIAMENTO DE RS E DAS RESTRIÇÕES AMBIENTAIS E LOCACIONAIS DO CIMVALPI - PARTE 2 ...	139
FIGURA 55 – SIMULAÇÃO 01 – MAPA DE ARRANJO TERRITORIAL.....	149
FIGURA 56 – SIMULAÇÃO 02 – MAPA DE ARRANJO TERRITORIAL.....	155
FIGURA 57 – SIMULAÇÃO 03 – MAPA DE ARRANJO TERRITORIAL.....	162
FIGURA 58 – SIMULAÇÃO 04 – MAPA DE ARRANJO TERRITORIAL.....	172
FIGURA 59 – SIMULAÇÃO 05 – MAPA DE ARRANJO TERRITORIAL.....	183
FIGURA 60 – SIMULAÇÃO 06 – MAPA DE ARRANJO TERRITORIAL.....	190
FIGURA 61 – SIMULAÇÃO 07 – MAPA DE ARRANJO TERRITORIAL.....	197

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DO PIGIRS.....	35
TABELA 2 - TABELA COM A CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA DA ÁREA DO PIGIRS.....	44
TABELA 3 - OCORRÊNCIA E CARACTERÍSTICAS DO RELEVO DA ÁREA DO PIGIRS.....	49
TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS DA ÁREA DOS MUNICÍPIOS DO CIMVALPI.....	53
TABELA 5 - QUANTIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO PRESENTES NA ÁREA DO PIGIRS.....	76
TABELA 6 - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL PRESENTE NA ÁREA DO PIGIRS.....	77
TABELA 7 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS PRESENTES NA ÁREA DO PIGIRS.....	77
TABELA 8 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS PRESENTES NA ÁREA DO PIGIRS.....	79
TABELA 9 - SÍNTESE DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA FAUNA DE MINAS GERAIS QUANTO AO SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO.....	82
TABELA 10 - QUANTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO EM MINAS GERAIS, SEGUNDO AS CATEGORIAS DE AMEAÇA DE IUCN (2001).....	83
TABELA 11 - DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE FAUNA AMEAÇADAS SEGUNDO OS BIOMAS DE MINAS GERAIS.....	83
TABELA 12 - VALORES DE ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA ALEATÓRIA PROPOSTA POR SAATY (1990; 1987).....	96
TABELA 13 - PICO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O CENÁRIO 1, REFERENTE À PROJEÇÃO DE 2050.....	127
TABELA 14 - PICO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O CENÁRIO 2, REFERENTE À PROJEÇÃO DE 2023.....	128
TABELA 15 - PICO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O CENÁRIO 3, REFERENTE À PROJEÇÃO DE 2023.....	129
TABELA 16 – ATERROS SANITÁRIOS, ATERROS CONTROLADOS E LIXÕES EXISTENTES NA ÁREA DO CIMVALPI CONSIDERADOS CANDIDATOS SEREM UM PONTO DE TRANSBORDO ATIVO OU SEDIAREM UM CTR.....	132
TABELA 17 – UNIDADE DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM EXISTENTES NA ÁREA DO CIMVALPI CONSIDERADAS CANDIDATAS SEREM UM PONTO DE TRANSBORDO ATIVO OU SEDIAREM UM CTR.....	133
TABELA 18 - INFRAESTRUTURA PARTICULAR EM PROCESSO DE INSTALAÇÃO NO TERRITÓRIO CIMVALPI... ..	134
TABELA 19 – GATE-FEE ESTIMADOS PARA AS DIFERENTES CAPACIDADES DO ATERRO SANITÁRIO, DE ACORDO COM A MODELAGEM ECONÔMICO-FINANCEIRA.....	140
TABELA 20 – GATE-FEE ESTIMADOS PARA AS DIFERENTES CAPACIDADES DE USINA DE RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA (GASEIFICAÇÃO), DE ACORDO COM A MODELAGEM ECONÔMICO-FINANCEIRA (PRODUTO 07).....	141
TABELA 21 – SIMULAÇÃO 01 – PREMISSAS DE ANÁLISE.....	143
TABELA 22 – SIMULAÇÃO 01 – PARÂMETROS GERAIS.....	144
TABELA 23 – SIMULAÇÃO 01 – RESULTADOS DE LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CTR;.....	144
TABELA 24 – SIMULAÇÃO 01 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UTC.....	145
TABELA 25 – SIMULAÇÃO 01 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO TRANSBORDOS CRIADOS E EXISTENTES.....	146
TABELA 26 – SIMULAÇÃO 02 – PREMISSAS DE ANÁLISE.....	150
TABELA 27 – SIMULAÇÃO 02 – PARÂMETROS GERAIS.....	150
TABELA 28 – SIMULAÇÃO 02 – RESULTADOS DE LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CTR;.....	150

TABELA 29 – SIMULAÇÃO 02 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UTC.	151
TABELA 30 – SIMULAÇÃO 02 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO TRANSBORDOS CRIADOS E EXISTENTES.	153
TABELA 31 – SIMULAÇÃO 03 – PREMISSAS DE ANÁLISE.	155
TABELA 32 – SIMULAÇÃO 03 – PARÂMETROS GERAIS.....	156
TABELA 33 – SIMULAÇÃO 03 – RESULTADOS DE LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CTR;.....	156
TABELA 34 – SIMULAÇÃO 03 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UTC.	157
TABELA 35 – SIMULAÇÃO 03 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO TRANSBORDOS CRIADOS E EXISTENTES.	158
TABELA 36 – SIMULAÇÃO 04 – PREMISSAS DE ANÁLISE.	163
TABELA 37 – SIMULAÇÃO 04 – PARÂMETROS GERAIS.....	163
TABELA 38 – SIMULAÇÃO 04 – MUNICÍPIOS LÍMITROFES E INFRAESTRUTURAS ASSOCIADAS AVALIADOS NA SOLUÇÃO CONSORCIADA;.....	163
TABELA 39 – SIMULAÇÃO 04 – RESULTADOS DE LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CTR;.....	163
TABELA 40 – SIMULAÇÃO 04 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UTC.	165
TABELA 41 – SIMULAÇÃO 04 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO TRANSBORDOS CRIADOS E EXISTENTES.	167
TABELA 42 – SIMULAÇÃO 05 – PREMISSAS DE ANÁLISE.	173
TABELA 43 – SIMULAÇÃO 05 – PARÂMETROS GERAIS.....	173
TABELA 44 – SIMULAÇÃO 05 – RESULTADOS DE LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CTR;.....	173
TABELA 45 – SIMULAÇÃO 05 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UTC.	175
TABELA 46 – SIMULAÇÃO 05 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO TRANSBORDOS CRIADOS E EXISTENTES.	177
TABELA 47 – SIMULAÇÃO 06 – PREMISSAS DE ANÁLISE.	184
TABELA 48 – SIMULAÇÃO 06 – PARÂMETROS GERAIS.....	185
TABELA 49 – SIMULAÇÃO 06 – RESULTADOS DE LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CTR;.....	185
TABELA 50 – SIMULAÇÃO 06 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UTC.	186
TABELA 51 – SIMULAÇÃO 06 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO TRANSBORDOS CRIADOS E EXISTENTES.	187
TABELA 52 – SIMULAÇÃO 07 – PREMISSAS DE ANÁLISE.	191
TABELA 53 – SIMULAÇÃO 07 – PARÂMETROS GERAIS.....	192
TABELA 54 – SIMULAÇÃO 07 – RESULTADOS DE LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE CTR;.....	192
TABELA 55 – SIMULAÇÃO 07 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UTC.	193
TABELA 56 – SIMULAÇÃO 07 – LOCALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO TRANSBORDOS CRIADOS E EXISTENTES.	194
TABELA 57 – TABELA RESUMO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE IMPLEMENTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA CIMVALPI.....	198
TABELA 58 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DE TODOS OS CRITÉRIOS.....	208
TABELA 59 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DAS RESERVAS BIOSFERAS.	209
TABELA 60 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS DE CONSERVAÇÃO.	209
TABELA 61 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DAS CAVIDADES E DAS ÁREAS COM POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE CAVIDADES.....	209
TABELA 62 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	210

TABELA 63 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DAS ZONAS DE AMORTECIMENTO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UC) DE USO INTEGRAL.....	210
TABELA 64 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UC) DE USO SUSTENTÁVEL.....	210
TABELA 65 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DAS DISTÂNCIAS DOS CENTROS URBANOS.	210
TABELA 66 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DAS DISTÂNCIAS DAS VIAS DE ACESSO.	211
TABELA 67 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DOS TIPOS DE SOLO.....	211
TABELA 68 - APLICAÇÃO DA TÉCNICA AHP PARA A PRIORIZAÇÃO DA GEOLOGIA (LITOTIPOS).....	212

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ENQUADRAMENTO DE RIOS DO UPGRH SR5.....	29
QUADRO 2 - DOMÍNIOS E SUBDOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS E SEUS RESPECTIVOS AQUÍFEROS NA ÁREA DOS MUNICÍPIOS DO CIMVALPI.....	63
QUADRO 3 - CLASSIFICAÇÃO DO BIOMA CERRADO, SEGUNDO RIBEIRO E WALTER (1998).....	72
QUADRO 4 - LISTA DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES DE MAMÍFEROS AMEAÇADOS PRESENTES NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA ÁREA DO PIGIRS	86
QUADRO 5 - CRITÉRIOS ADOTADOS NA ANÁLISE DA ÁREA DE ESTUDO DO PROJETO PIGIRS.	97
QUADRO 6 - CRITÉRIOS DE RESTRIÇÃO OU VEDAÇÃO DISPOSTOS NA DN 217/2017.	99
QUADRO 7 - CRITÉRIOS RESTRITIVOS PARA PROJETO, IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE ATERROS DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS.	100
QUADRO 8 - CRITÉRIOS ADOTADOS NA ANÁLISE DA ÁREA DE ESTUDO DO PROJETO PIGIRS.	102
QUADRO 9 - PARÂMETROS DE ENTRADA DA ANÁLISE LOCACIONAL.	119
QUADRO 10 - VARIÁVEIS DE DECISÃO DA ANÁLISE LOCACIONAL.	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
APEX	Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos
APP	Áreas de Preservação Permanente
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CIMVALPI	Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Vale do Piranga
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CTR	Centro de Tratamento de Resíduos
DN	Deliberação Normativa
FEAM	Federação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
GTA	Grupo de Trabalho e Acompanhamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDE-SISEMA	Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IEF	Instituto Estadual de Florestas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PIGIRS	Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
QF	Quadrilátero Ferrífero
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação
UPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
UTC	Unidade de Triagem e Compostagem

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO	19
2.	MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.	CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO CIMVALPI	22
3.1.	MEIO FÍSICO.....	22
3.1.1.	Localização	22
3.1.2.	Rede viária e ferroviária	23
3.1.3.	Clima.....	24
3.1.4.	Hidrografia.....	26
3.1.5.	Uso e ocupação do solo.....	34
3.1.6.	Complexo aeroportuário e distância de segurança aeroportuária.....	37
3.1.7.	Geologia	38
3.1.8.	Geomorfologia	46
3.1.9.	Pedologia.....	52
3.1.10.	Hidrogeologia	59
3.2.	MEIO BIÓTICO.....	67
3.2.1.	Vegetação.....	67
3.2.2.	Unidades de Conservação (UC)	75
3.2.3.	Fauna	81
4.	ASPECTOS AMBIENTAIS NA ESCOLHA DAS ÁREAS	93
4.1.	Processo Hierárquico Analítico.....	94
4.2.	Critérios Técnicos de Análise	97
4.3.	Resultados.....	102
5.	ASPECTOS LOGÍSTICOS NA ESCOLHA DAS ÁREAS	115
5.1.	Pesquisa Operacional Aplicada à demanda CIMVALPI	115
5.2.	Premissas de Análise	117
5.2.1.	Caracterização do problema.....	117
5.2.2.	Modelagem matemática	118

5.3.	Avaliação de Cenários (Prognóstico).....	125
5.4.	Infraestrutura Existente.....	130
5.4.1.	Infraestruturas Públicas.....	131
5.4.2.	Aterros sanitários e lixões.....	132
5.4.3.	Usinas de Triagem e Compostagem e transbordos.....	132
5.5.	Infraestrutura Particular.....	133
5.6.	Possibilidades Definidas a Partir do Mapeamento Ambiental.....	134
5.7.	Composição dos Custos.....	140
5.8.	Tempo de Concessão.....	141
6.	SIMULAÇÕES DOS ARRANJOS TERRITORIAIS.....	142
6.1.	Simulação 01 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) sem Quantitativo Mínimo de Transbordo.....	143
6.2.	Simulação 02 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) com Quantitativo Mínimo de Transbordo.....	150
6.3.	Simulação 03 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) com Limite de Distância.....	155
6.4.	Simulação 04 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) com participação de municípios limítrofes.....	162
6.5.	Simulação 05 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) somente com utilização de Aterros Sanitários e sem limite de distância.....	173
6.6.	Simulação 06 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) somente com utilização de Aterros Sanitários com limite de distância.....	184
6.7.	Simulação 07 - Cenário Tendencial (Cenário 1) com Quantitativo Mínimo de Transbordo.....	191
7.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	198
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	201
	APÊNDICE I – DADOS COMPILADOS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO AHP.....	208

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento integrado dos resíduos sólidos deve levar em conta, minimamente, questões socioambientais, econômicas e de legislação ambiental aplicada. O impacto ambiental associado à disposição inadequada dos resíduos sólidos é um problema histórico, uma vez que a escolha das áreas muitas vezes não leva em conta critérios técnicos, ou seja, as características locais adequadas a esta atividade.

Entretanto, uma parcela significativa do custo financeiro do gerenciamento de resíduos está inserida na parcela logística do sistema, associada na coleta e transporte nos municípios e transporte até o local de tratamento e destinação final, que também deve levar em conta as questões de escala e economicidade para avaliação da viabilidade das soluções técnicas disponíveis (aterros, recuperação térmica ou outro).

Neste relatório foram definidas áreas prioritárias para instalação de infraestruturas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos, de acordo com a perspectiva consorciada CIMVALPI. Neste contexto, os aspectos ambientais foram avaliados através de características dos meios físico, biótico e de legislação aplicada. Também foram consideradas questões de logística, através da análise dos custos e características técnicas associados à implementação de infraestrutura necessária (trasbordos e locais finais de tratamento e disposição de resíduos) e o transporte dos resíduos a partir dos municípios.

Desta forma foi possível avaliar os arranjos territoriais do território CIMVALPI a partir de simulações, considerando os custos associados às tecnologias aplicadas, possibilidades logísticas, viabilidade de criação de transbordos e utilização das infraestruturas de gerenciamento de resíduos sólidos existentes nos municípios.

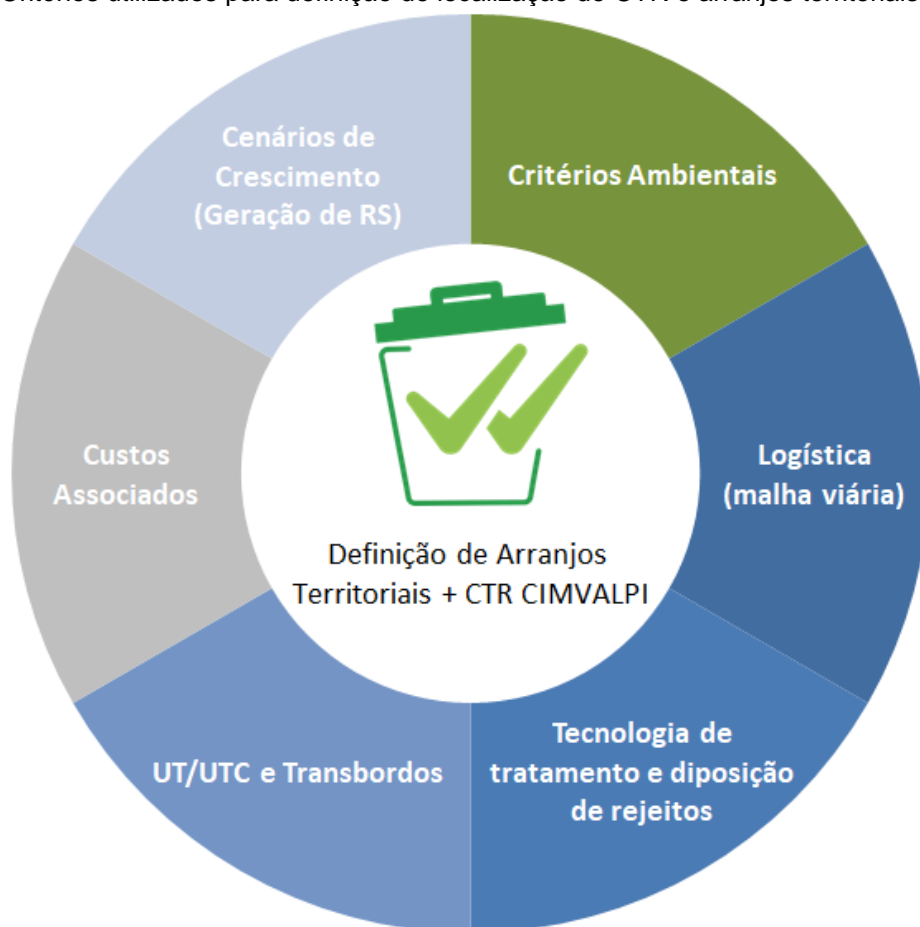
2. MATERIAIS E MÉTODOS

Um dos grandes desafios do gerenciamento dos resíduos sólidos é a análise dos arranjos territoriais e locação dos Centros de Tratamento de Resíduos – CTR, que envolvem a análise de grande número de variáveis e considera muitas possibilidades de implementação. O CTR CIMVALPI será o local onde o tratamentos

dos rejeitos gerados pelos municípios deverá ser tratado e, dependendo do local, a disposição final realizada. Estes locais integram, também, a infraestrutura necessária ao tratamento de resíduos da construção civil, para atendimento a um grupo de municípios.

Para definição dos arranjos territoriais e locação dos CTR no território CIMVALPI, foram considerados aspectos ambientais, produção de rejeitos nos municípios (excetuando os quantitativos reciclados) a partir dos cenários definidos no prognóstico, aspectos logísticos, possibilidades tecnológicas de tratamento e disposição final de resíduos, perspectiva de utilização de transbordos e respectivos custos associados aos sistemas de tratamento e disposição final, em cada possibilidade de arranjo territorial (Figura 1).

Figura 1 – Critérios utilizados para definição de localização de CTR e arranjos territoriais CIMVALPI.



Para tanto, o território CIMVALPI foi caracterizado, de acordo com aspectos do meio físico, biótico e de legislação aplicada, para identificação de novas áreas com características favoráveis à implementação de infraestruturas de aterros sanitários e, da mesma forma, locais com perspectiva de implementação de infraestruturas associadas à recuperação energética. As análises locais realizadas se diferem, principalmente, devido às restrições legais de cada caso, considerando, por exemplo, a Área de Segurança Aeroportuária – ASA (20 km de restrição a partir do aeroporto) para o caso de aterros sanitários.

A logística foi considerada a partir das vias rodoviárias existentes e distâncias percorridas entre as sedes municipais até os locais candidatos a receberem os CTR, de acordo com os custos de envio direto ou com passagem pelas UT/UTC ou transbordos.

As tecnologias de tratamento e disposição final consideradas na análise foram respectivamente a gaseificação e o aterro sanitário. Deve-se ressaltar que, mesmo no caso de utilização de tratamento com gaseificação a disposição de cinzas deve ser realizada em aterro.

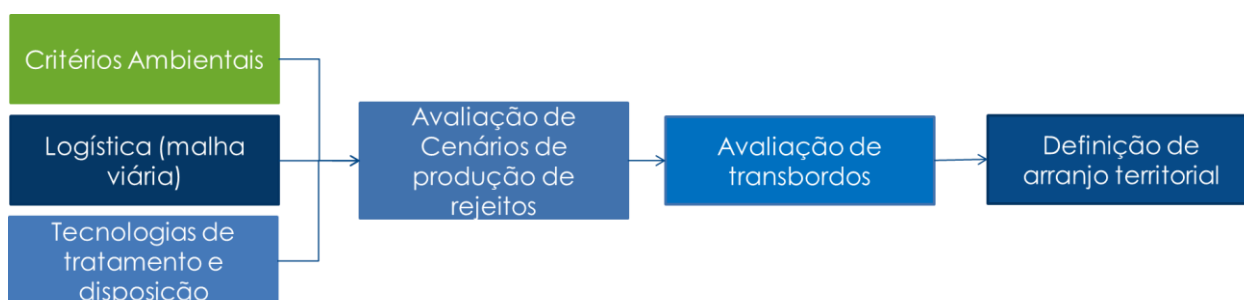
Todas as Unidades de Triagem (UT) e Unidades de Triagem e Compostagem (UTC) e transbordos existentes no território foram consideradas de passagem obrigatória nas análises. O critério para criação ou não de novos transbordos realizado a partir da amortização dos custos de implantação e operacionalização das infraestruturas associadas.

Conforme observado, a análise destas variáveis é complexa e requer a avaliação de grande quantidade de variáveis uma vez que, a partir do atendimento dos critérios ambientais, há um grande número de possibilidades de arranjos territoriais. Portanto, a definição e análise dos arranjos territoriais foram realizadas com pesquisa operacional, objetivando a identificação do arranjo de menor custo.

A partir da caracterização do território foi realizada uma análise multicriterial (Processo analítico hierárquico – PAH), de acordo com a metodologia do processo hierárquico analítico. Nesta abordagem são definidos pesos para as variáveis de análise (geologia, distâncias de centros urbanos, etc) e o resultado é um valioso subsídio à tomada de decisão. Além da análise foram excluídas as áreas com restrições legais, tais como áreas de preservação permanente, áreas com restrições legais, dentre outros. Os detalhes da análise estão apresentados no Capítulo 4.

As simulações de arranjos territoriais foram realizadas pelos diferentes cenários do prognóstico, ou seja, cenário tendencial, desejável e de aplicação. Estes cenários correspondem às diferentes previsões de geração de rejeitos nos diferentes cenários de metas de reciclagem, redução e reutilização previstas no PIGIRS (produto 8). Para definição dos arranjos territoriais, foi definida a abordagem de pesquisa operacional, através da elaboração de um algoritmo aplicado ao problema, conforme Capítulo 5. Nesta abordagem, a partir dos quesitos mínimos de atendimento acima definidos, o algoritmo desenvolvido define os menores custos associados à operacionalização do sistema (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma para análise dos custos associados aos arranjos territoriais CIMVALPI.



3. CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO CIMVALPI

3.1. MEIO FÍSICO

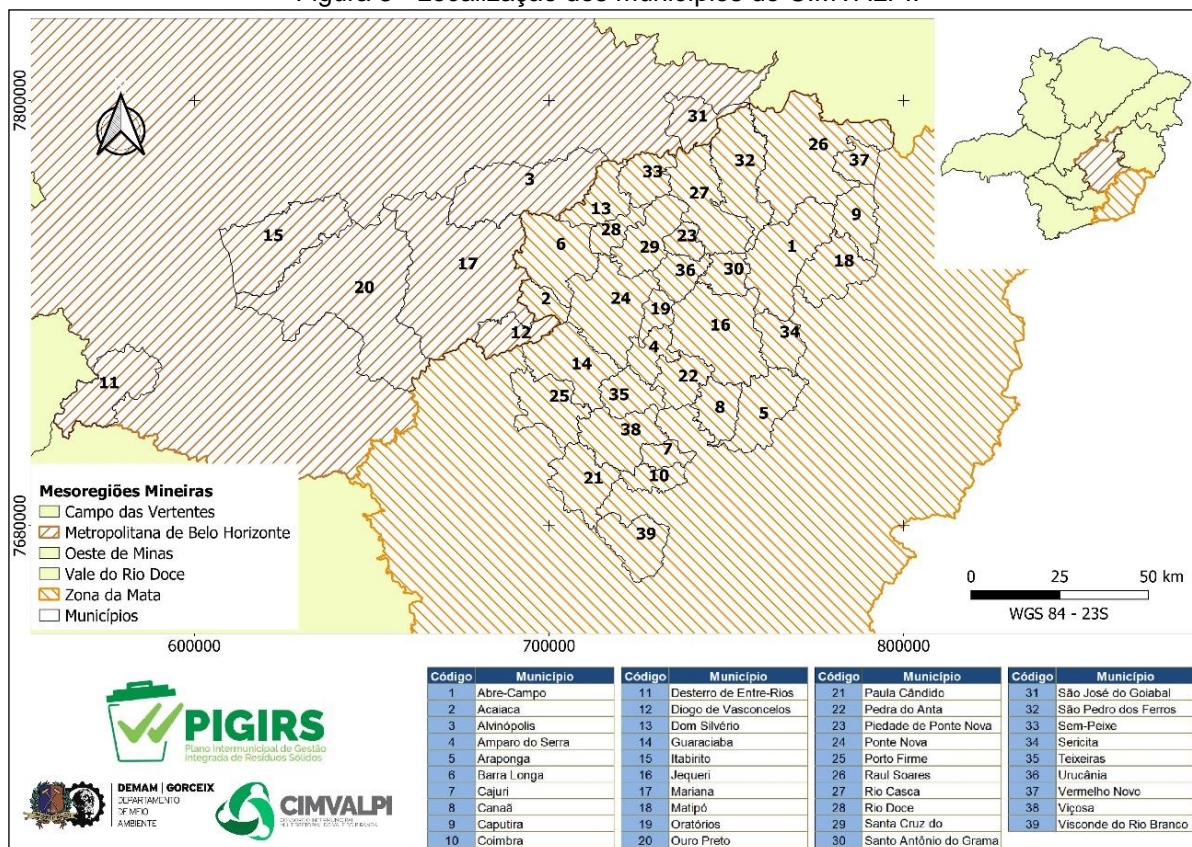
O Art. 6º da Resolução CONAMA nº 01/1986, caracteriza o meio físico como “o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d’água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas”. Nesse contexto, as características a serem abordadas sobre o meio físico serão tratados dentro de uma perspectiva, que objetiva verificar a disponibilidade locacional e a importância ecológica da área abrangida pelos municípios integrantes do CIMVALPI, para favorecer a tomada de decisão quanto à escolha de infraestruturas de gerenciamento de resíduos sólidos.

3.1.1. Localização

Os 39 municípios membros do CIMVALPI ocupam uma área de aproximadamente 12.348,02 km², cerca 2,11% do Estado de Minas Gerais. Esta

área está inserida na Zona da Mata e na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Estas informações podem ser vistas na Figura 3.

Figura 3 - Localização dos municípios do CIMVALPI.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA e do IBGE (2018).

3.1.2. Rede viária e ferroviária

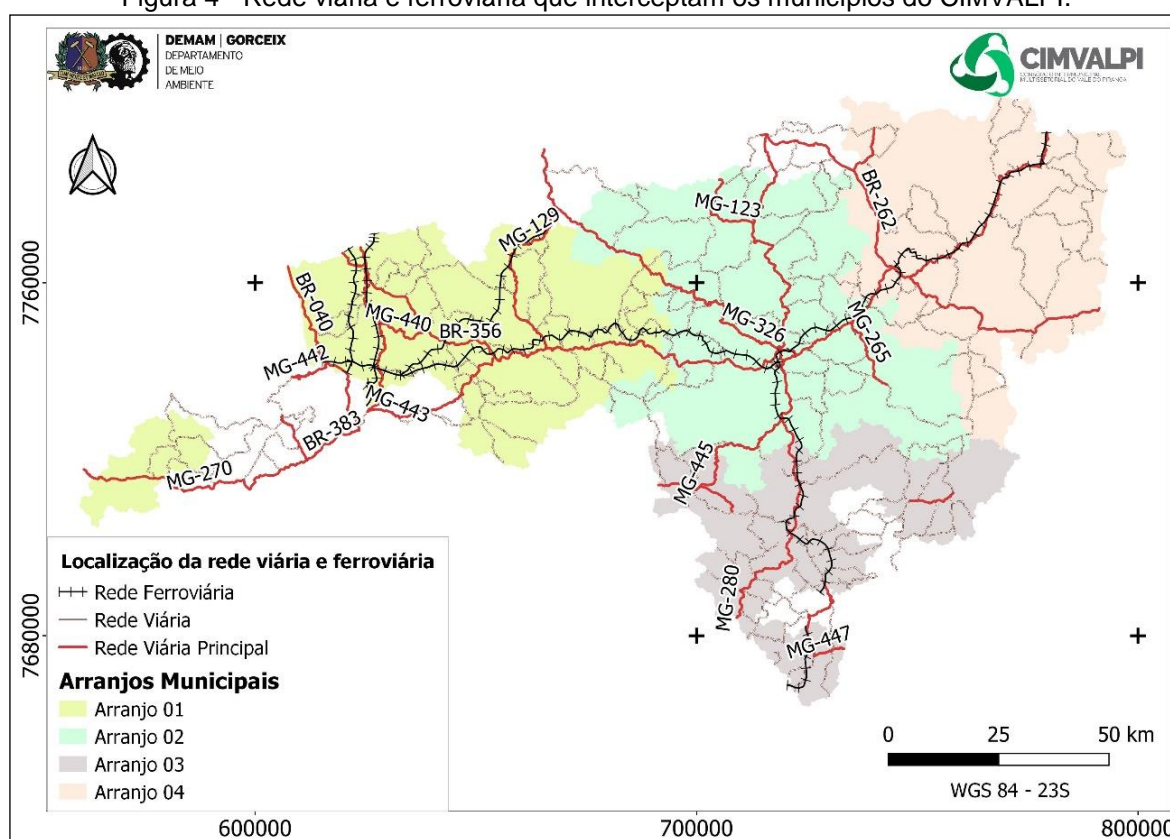
O conhecimento da rede viária para um consórcio intermunicipal de gerenciamento de resíduos sólidos é de suma importância, pois está relacionado com a logística de transporte dos resíduos, que por sua vez influem nos custos e consequentemente na viabilidade do projeto. A partir desse pressuposto, ao analisar os arranjos municipais (Figura 4) estabelecidos para analisar as principais conexões viárias entre os municípios do CIMVALPI, verifica-se que a área possui uma densa rede de rodovias federais e estaduais. Conforme identificado na Figura 4, os municípios do Arranjo municipal 01 são cortados pelas rodovias federais BR-040, BR-356 e BR-383.

Considerando o Arranjo municipal 02, as rodovias estaduais MG-270 e MG-262 interligam a região ao município Desterro de Dentre Rios. Os municípios desse

arranjo podem acesso os dos arranjos municipais 04, 01 e 03, por meio das rodovias estaduais MG-329 e MG-326 e a federal BR-120, respectivamente. Deve-se destacar que a BR-262 corta os territórios dos municípios do CIMVALPI a NW-SE e a MG-329 a W-NE.

Dentre as redes de transporte há as ferrovias, das quais destacam-se a Estrada de Ferro Vitória-Minas e a Centro-Atlântica. A primeira linha supracitada opera para transporte de carga e pessoas e a segunda somente de carga.

Figura 4 - Rede viária e ferroviária que interceptam os municípios do CIMVALPI.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA.

3.1.3. Clima

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia o clima é o estudo médio do tempo para determinado período de tempo para determinada localidade. A sua caracterização e análise é de suma importância no planejamento, adequação e/ou execução de projetos e atividades de engenharia, pois esse pode afetar diretamente o desenvolvimento e os resultados. Nesse contexto, a caracterização do clima a

seguir foi baseada na revisão que Alvares *et al.* (2014) fizeram da versão mais recente do mapa de Köppen.

De acordo com Alvares *et al.* (2014) a classificação de Köppen é a mais utilizada no Brasil. Nesta classificação, cada tipo climático é representado por um código, constituído de letras maiúsculas e minúsculas. A primeira letra, maiúscula, diz respeito ao grupo climático geral (tropical, temperado, etc.), definido pela pluviosidade e temperatura; a segunda letra (minúscula) considera o regime pluviométrico e, por fim, a terceira letra (minúscula) contempla a variação sazonal da temperatura média (ALVARES *et al.*, 2014).

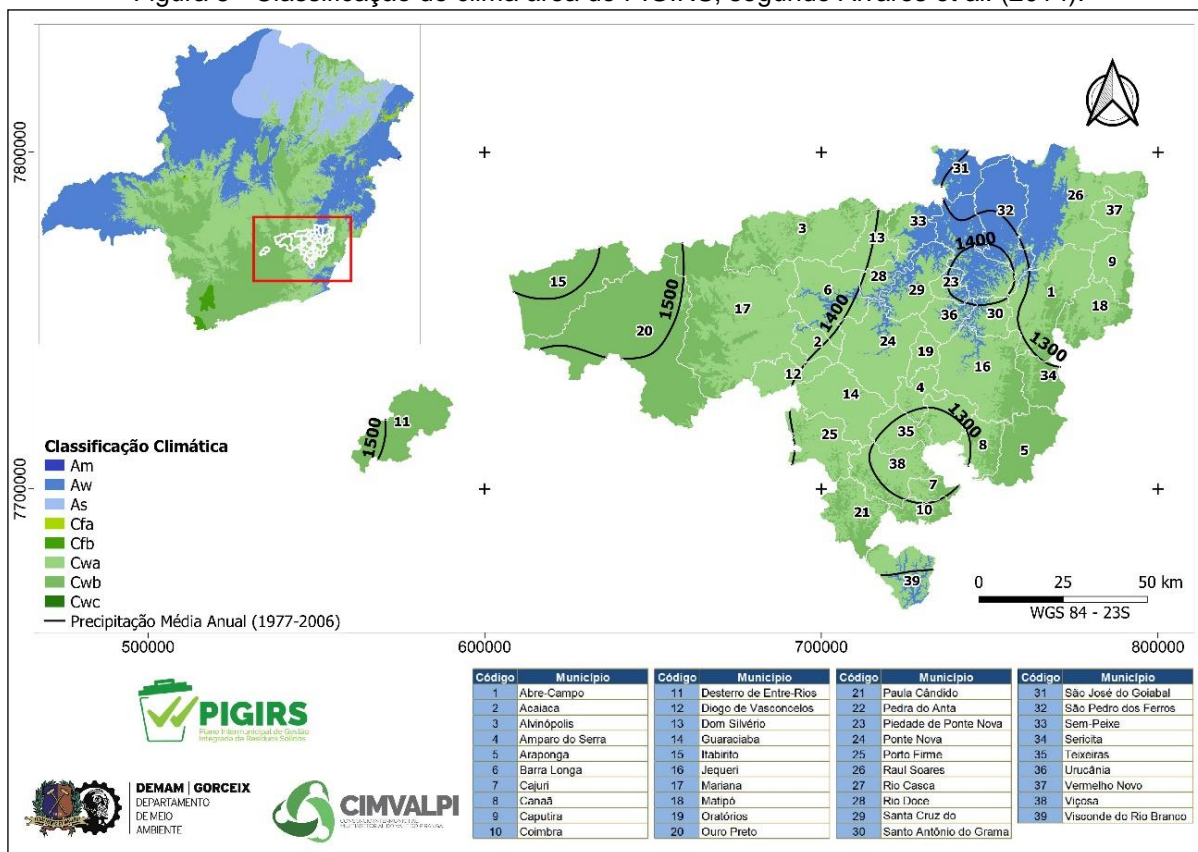
A partir do pressuposto citado acima, pode-se considerar que o clima predominante no estado de Minas Gerais é o tropical com inverno seco (Aw), que recobre as planícies, depressões e planaltos da bacia do Rio São Francisco limitadas por altitudes de 750 a 800 m (ALVARES *et al.*, 2014), sendo que nas áreas de alta altitude há o predomínio do clima tropical de altitude. De maneira geral, o estado de Minas Gerais apresenta climas do tipo A (Tropical) e do tipo C (Subtropical/Mesotérmico), que são subdivididos da seguinte forma: Am, As, Aw, Cwa, Cwb, Cwc, Cfa e Cfb (Figura 5).

O clima predominante dos municípios do CIMVALPI é o Cwa. Este está presente em parte das regiões central-oeste, nordeste, norte e sul. Esse clima é caracterizado pelo clima subtropical úmido com inverno seco e verão quente, com temperatura média do ar dos três meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C, as estações de inverno e verão são bem definidas, sendo o verão chuvoso.

O clima Aw (tropical com inverno seco), predominante na região sul da área, recobre as áreas de planícies. Esse tipo de clima é tropical, com temperatura média do ar, dos três meses mais frios, maior ou igual a 18°C, com inverno seco. Já o clima Cwb corresponde ao subtropical úmido, apresenta o inverno seco e verão temperado (ALVARES *et al.*, 2014). Esse clima predomina na região do Quadrilátero Ferrífero (QF), no município de Desterro de Entre Rios e nas faixas nordeste-sul, onde há a presença das maiores altitudes. Com relação à precipitação média anual, segundo os dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), referente ao período de 1977 a 2006, na região é superior a 1000 mm. A região oeste registrou as maiores médias de precipitação.

Os climas, segundo a classificação de Álvares *et. al.*, dos municípios consorciados estão apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Classificação do clima área do PIGIRS, segundo Alvares et al. (2014).



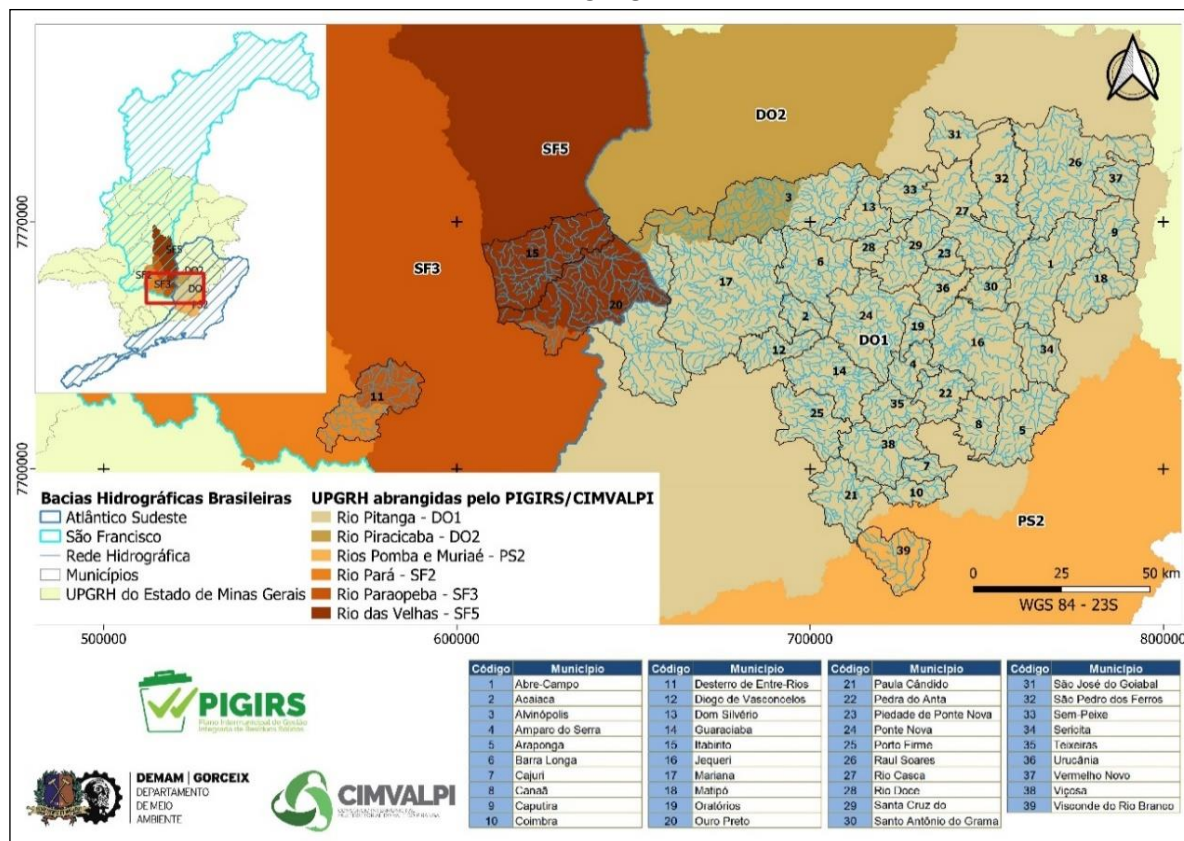
Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital de Álvares *et al.* (2014) e do Mapa de Isoietas de precipitações Médias Anuais do Brasil na escala 1:5. 000.000, IBGE.

3.1.4. Hidrografia

O estudo dos recursos hídricos de uma região é fundamental para a integração da gestão e do gerenciamento desses recursos ao planejamento municipal e aos usuários. O Estado de Minas Gerais é conhecido por possuir um grande volume de água, sendo as principais bacias hidrográficas presentes em seu território as dos rios: Doce, Grande, Jequitinhonha, Mucuri, Paraíba do Sul, Paranaíba, Pardo e São Francisco (GEMG, 2019). Dessas, a área que abrange o PIGIRS está inserida nas bacias hidrográficas dos rios Doce, São Francisco, Rio Grande e Rio Paraíba do Sul (Figura 6), que por sua vez localizam-se nas bacias federais do Atlântico Sudeste e São Francisco.

A localização das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH), dos municípios participantes do consórcio está apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Localização das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no território do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM.

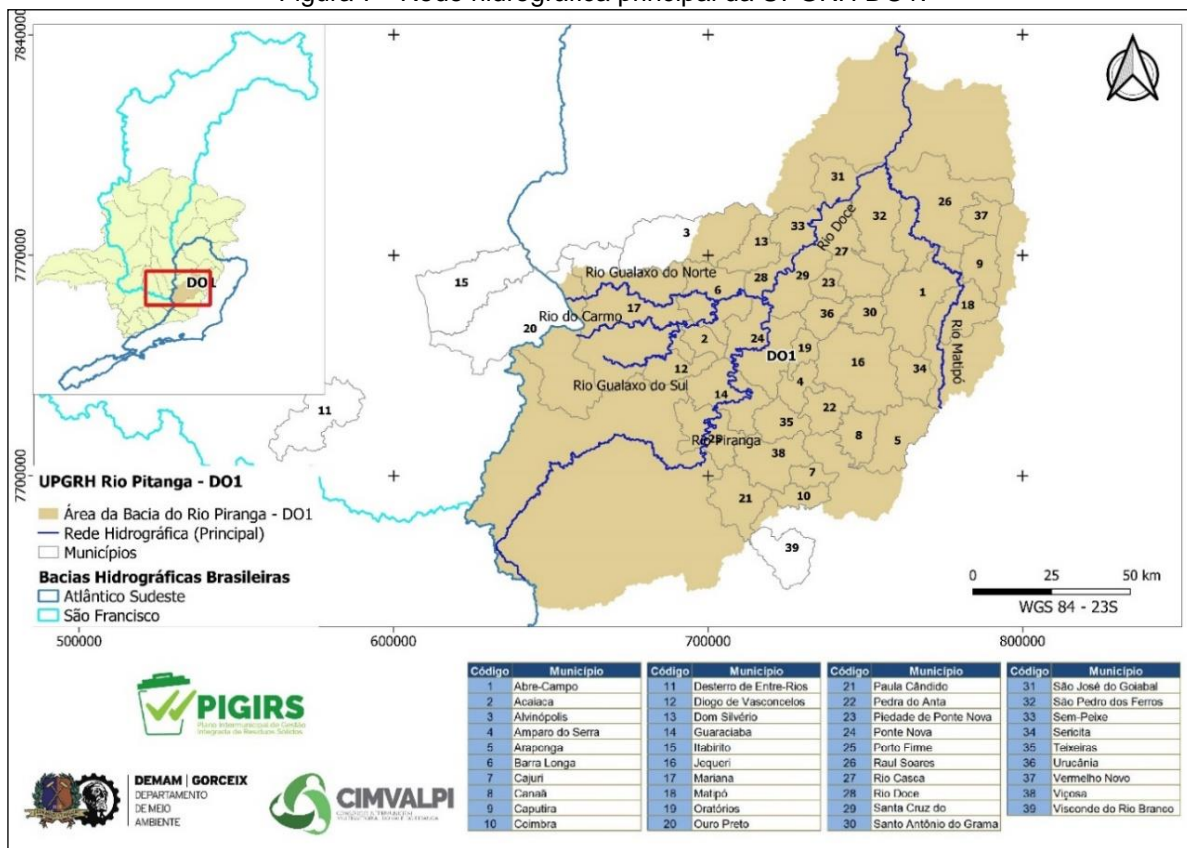
Como o território em estudo é extenso, a rede hídrica será discutida em termos de UPGRH. Assim, a UPGRH do rio Piranga DO1 (UPGRH DO1) possui uma área de 17.562,49 km² (IGAM, 2010b) e os municípios que fazem parte do PIGRS e pertencem a essa unidade são: Acaiaca, Alvinópolis, Amparo do Serra, Araponga, Barra Longa, Cajuri, Canaã, Caputira, Coimbra, Diogo de Vasconcelos, Dom Silvério, Guaraciaba, Jequeri, Mariana, Matipó, Oratórios, Ouro Preto, Paula Cândido, Pedra do Anta, Piedade de Ponte Nova, Ponte Nova, Porto Firme, Raul Soares, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santo Antônio do Gramma, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Sem-Peixe, Teixeira, Urucânia, Vermelho Novo e Viçosa.

De acordo com o Plano de Ação de Recursos hídricos da UPGRH DO1 (IGAM, 2010b), a área de estudo que o PIGIRS abrange está inserida nas bacias

hidrográficas dos rios: Piranga (6.606 km²), do Carmo (2.278 km²), Casca (2.510 km²) e Matipó (2.550 km²), acrescidas de uma considerável rede de afluentes de menor extensão que drenam o Rio Doce, denominada de área incremental Piranga (3.626 km²). Os principais rios da UPGRH DO1 presentes no território analisado são: o Rio do Carmo, cuja nascente está localizada no município de Ouro Preto (IGAM, 2010b); o Rio Piranga; o Rio Matipó, sendo que o seu trecho mais baixo está na divisa entre os municípios de São Pedro dos Ferros e Raul Soares; o Rio Casca; o Rio Gualaxo Norte, que nasce no município de Ouro Preto; e Rio Gualaxo Sul.

Nessa UPGRH observa-se que os cursos d'água são curvos e de maneira geral, constituem padrões que variam de dendrítico a irregular, de alta densidade. Já a região direção NE, os cursos também são curvos, entretanto, o arranjo varia de dendrítico-retangular a paralelo, sendo que a densidade das drenagens é baixa. Essa característica é condicionada pela geomorfologia plana a suave. A Figura 7 representa a rede hidrográfica principal e a localização da bacia, bem como os municípios inseridos na mesma.

Figura 7 - Rede hidrográfica principal da UPGRH DO1.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM.

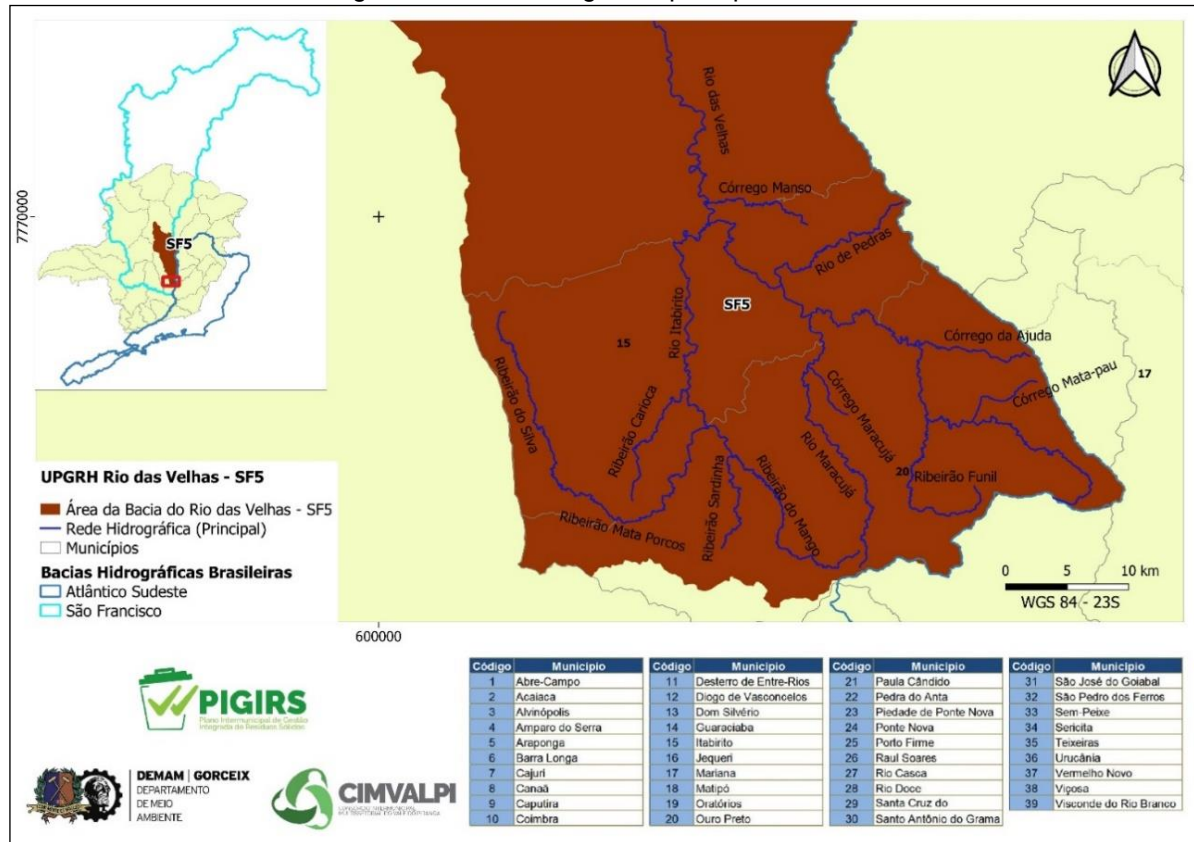
A UPGRH do rio São Francisco 5 (UPGRH SF5) possui uma área 27.857 km² (IGAM, 2015) e está localizada na região central do estado de Minas Gerais, na qual os municípios de Itabirito e Ouro Preto fazem parte (Figura 8). A área faz parte da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, cuja nascente principal encontra-se na Cachoeira das Andorinhas, no município de Ouro Preto, em uma altitude de aproximadamente 1.500 metros. Essa bacia possui uma rede de drenagens densa, cujos corpos hídricos são fontes de abastecimento humano, indústria e agropecuário. Considerando a área dos municípios consorciados, o Rio Itabirito (pela margem esquerda) é o afluente principal do Rio das Velhas. A UPGRH SF5 é subdivida em Unidades Territoriais Estratégicas (UTE), das quais a UTE Nascentes e o Subcomitê da bacia hidrográfica do Rio Itabirito (SCBH Rio Itabirito) pertencem a macrorregião do Alto Rio das Velhas, que compreende a área do QF (IGAM, 2015). Com relação ao enquadramento de alguns dos rios presentes nessas duas UTE têm-se a Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Enquadramento de rios do UPGRH SR5.

Rio/Ribeirão	Enquadramento preliminar
Rio das Velhas – Leito principal (nas nascentes até a confluência com o córrego Mata-Pau)	Classe Especial
Rio das Velhas	Trechos de classe 1 e 2
Mata-porcos/Itabirito	Trechos de classe especial, 1 e 2

Fonte: IGAM, 2008.

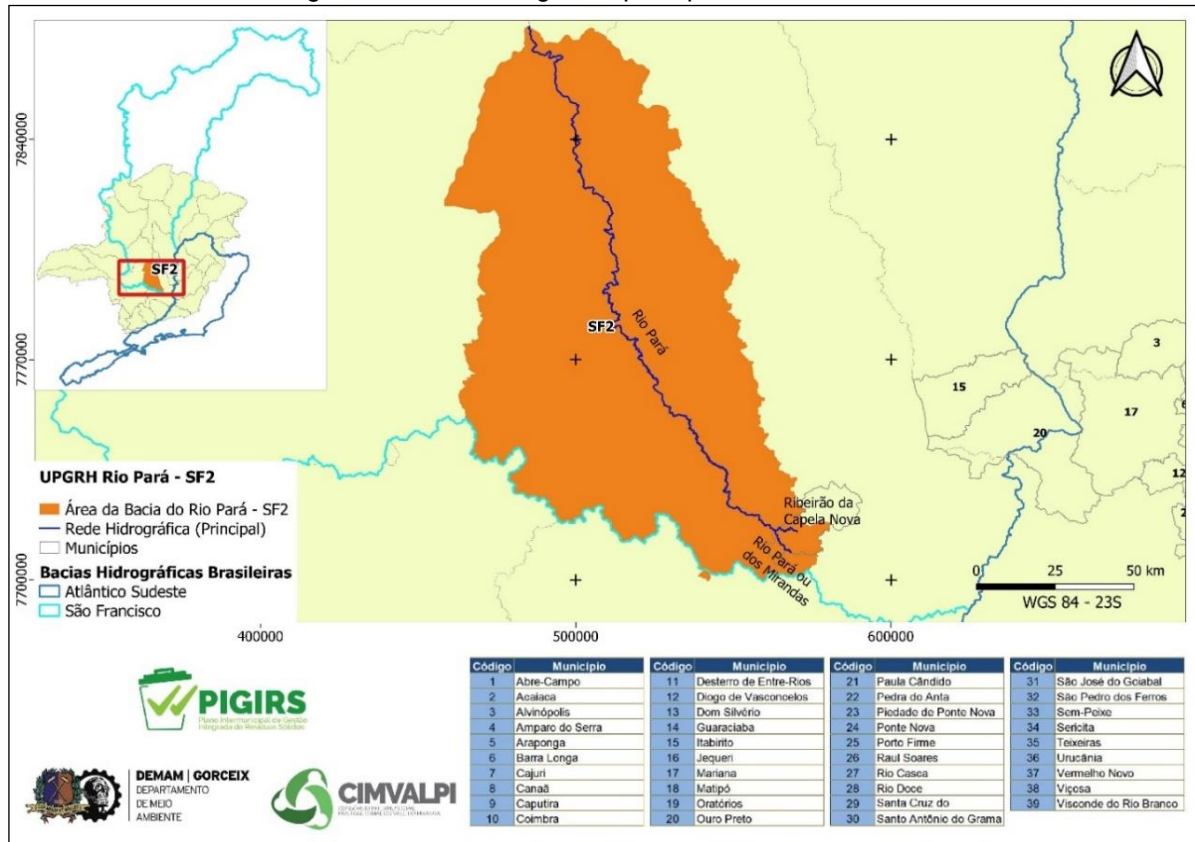
Figura 8 - Rede hidrográfica principal da UPGRH SF5.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM.

A UPGRH do rio São Francisco 2, referente a bacia hidrográfica do rio Pará (UPGRH SF2), que possui aproximadamente 12.300 km² de área de drenagem, compreende parte do município de Desterro de Entre Rios (Figura 9). Esta bacia é dividida em dez sub-bacias, dentre essas Desterro de Entre Rios faz parte da Sub-bacia Alto Rio Pará, cujo principal afluente é o próprio Rio Pará (IGAM, 2006b).

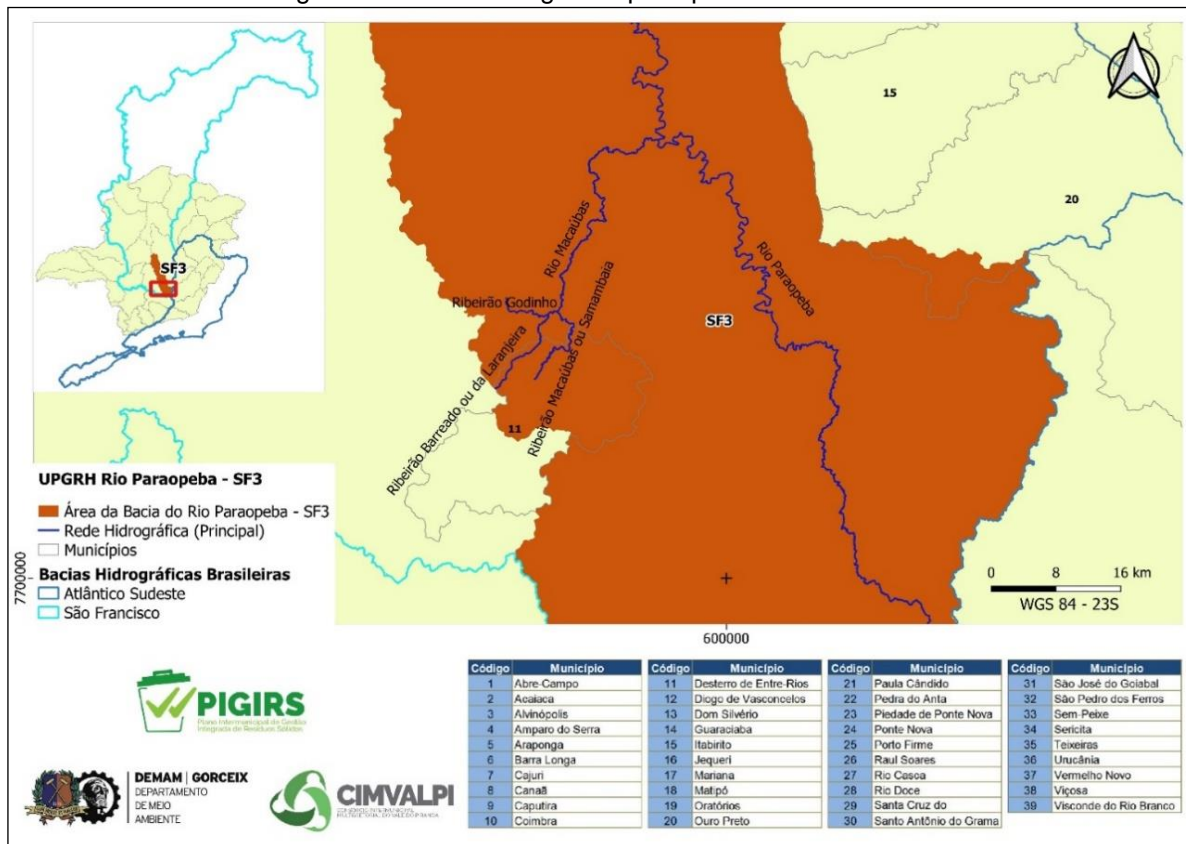
Figura 9 - Rede hidrográfica principal da UPGRH SF2.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM.

A UPGRH do rio São Francisco 3, referente a bacia hidrográfica do Rio Paraopeba (UPGRH SF3) possui uma área de drenagem de 12.054 km² (COBRADE, 2018). Nessa UPGRH localiza-se parte do território dos municípios de Desterro de Entre Rios e Ouro Preto. O principal corpo hídrico dessa UPGRH é o Rio Paraopeba, que tem sua nascente localizada no extremo sul da Serra do Espinhaço (Figura 10). A rede de drenagem dos afluentes do rio Paraopeba, que escoam pelo território dos municípios consorciados supracitados, possui baixa densidade e, na grande maioria dos casos, baixa vazão.

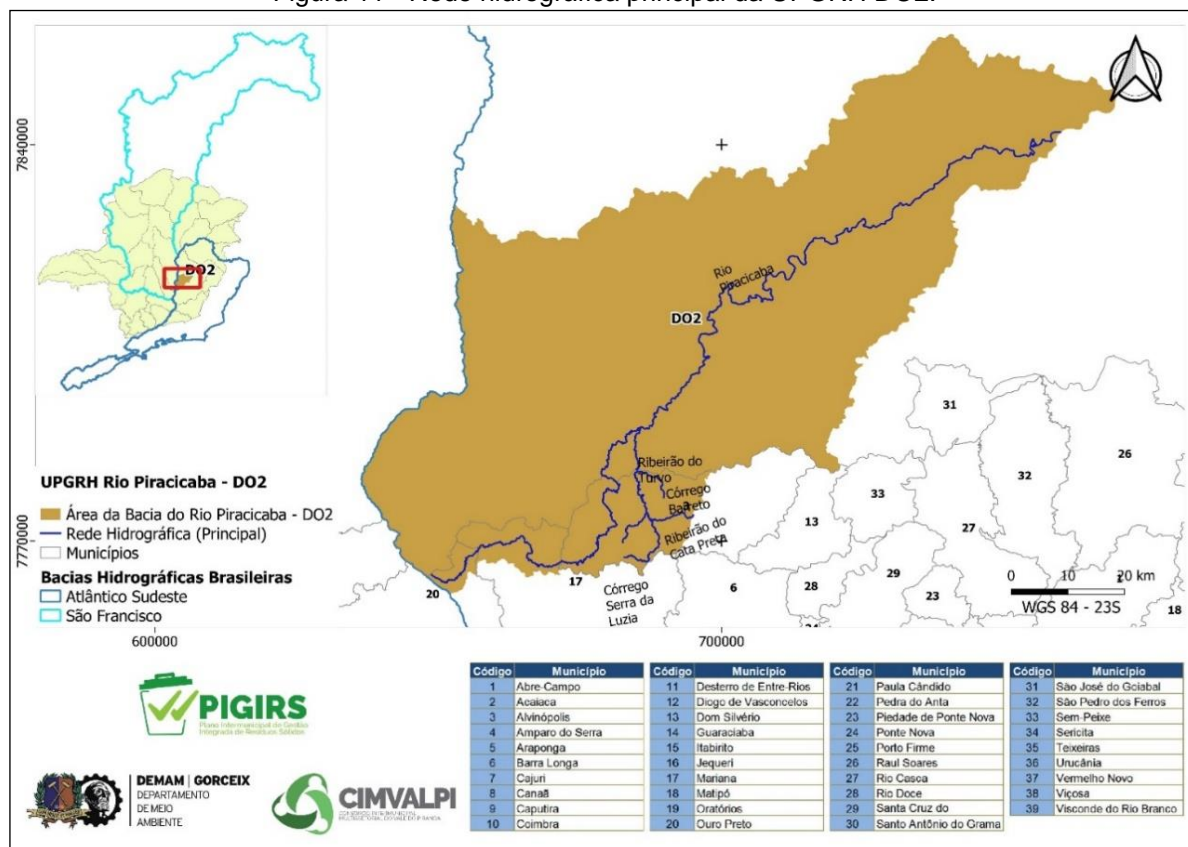
Figura 10 - Rede hidrográfica principal da UPGRH SF3.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM.

A UPGRH da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (UPGRH DO2) possui uma área de drenagem de 5.681 km² (IGAM, 2010a). Dentre os municípios membros do CIMVALPI essa unidade engloba parte do território de Alvinópolis, Mariana e Ouro Preto. O principal rio da UPGRH SF3 é o Piracicaba, que é afluente do Rio Doce (Figura 11).

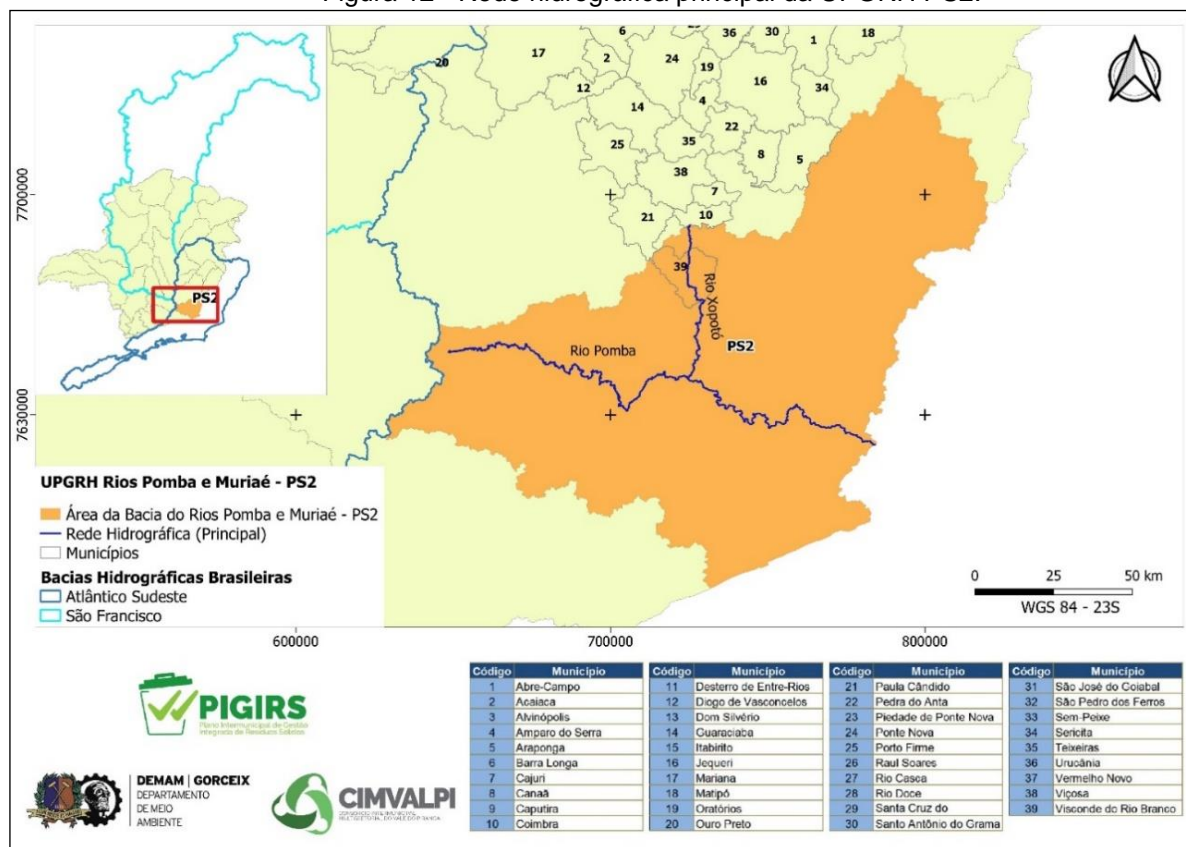
Figura 11 - Rede hidrográfica principal da UPGRH DO2.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM.

Por fim, a UPGRH dos afluentes dos Rios Pomba e Muriaé 2 (UPGRH PS2) engloba as bacias dos rios Pomba e Muriaé, que possuem uma área de drenagem de aproximadamente 13.519 km² (AGEVAP, 2001). Apenas o município Visconde do Rio Branco, membro do CIMVALPI, está inserido nesta UPGRH, mais especificamente na bacia do Rio Pomba. No território desse município escoam o rio Xopotó, considerado o principal afluente do rio Pomba. Segundo AGEVAP (2001), a bacia do rio Pomba possui um acentuado grau de desmatamento e erosão, que tem resultado no assoreamento de cursos d'água e diminuição de quantidade de água em alguns mananciais. A Figura 12 mostra a localização da UPGRH, no território do PIGIRS.

Figura 12 - Rede hidrográfica principal da UPGRH PS2.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM.

Em suma, a morfologia fluvial da área de estudo varia de dendrítico a retangular-dendrítico, majoritariamente, com presença de regiões com rede hidrográfica densa. Quanto à morfologia dos canais, é possível observar que há a predominância de canais curvos, do tipo meandrante irregular, que estão correlacionados com os padrões de relevo que variam, principalmente, entre Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, Domínio de Morros e de Serras Baixas e Domínio Montanhoso.

3.1.5. Uso e ocupação do solo

O estudo do uso e ocupação do solo visa apresentar as características da paisagem, distinguindo os usos antrópicos dos naturais. A Tabela 1 contém as tipologias presentes na área do PIGRS, cujos dados foram obtidos a partir do mapeamento de uso e ocupação disponível na coleção 4.1 do MAPBIOMAS, do ano de 2018.

Tabela 1 - Uso e ocupação da área do PIGIRS.

Tipo de uso	Classe	Área (km ²)	Área %
	Floresta		
Natural	Formação Florestal	3133,56	25,39
	Formação Savânica	26,68	0,22
Antrópico	Floresta Plantada	416,94	3,38
Formação Natural não Florestal			
Natural	Afloramento Rochoso	209,74	1,70
Agropecuária			
Antrópico	Pastagem	6461,53	52,35
	Cultura Anual e Perene	37,50	0,30
	Mosaico de Agricultura e Pastagem	1856,86	15,04
Área não vegetada			
Antrópico	Infraestrutura Urbana	127,41	1,03
	Outra Área não Vegetada	26,56	0,21
	Mineração	2,89	0,02
Corpos d'água			
Natural	Rio, Lago e Oceano	43,89	0,36

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados matricial do MAPBIOMA, 2018.

A cobertura de uso antrópico contabiliza 72,33% da área total e a de uso natural 27,67%. A tipologia que ocupa a maior área é a Agropecuária (aproximadamente 67,70% da área), sendo essa subdividida em pastagem, mosaico de agricultura e pastagem e cultura anual e perene, cuja representatividade é aproximadamente de 52,35%, 15,04% e 0,30%, respectivamente. Considerada de uso antrópico, essa classe é dominante nos municípios da Zona da Mata, principalmente na região nordeste.

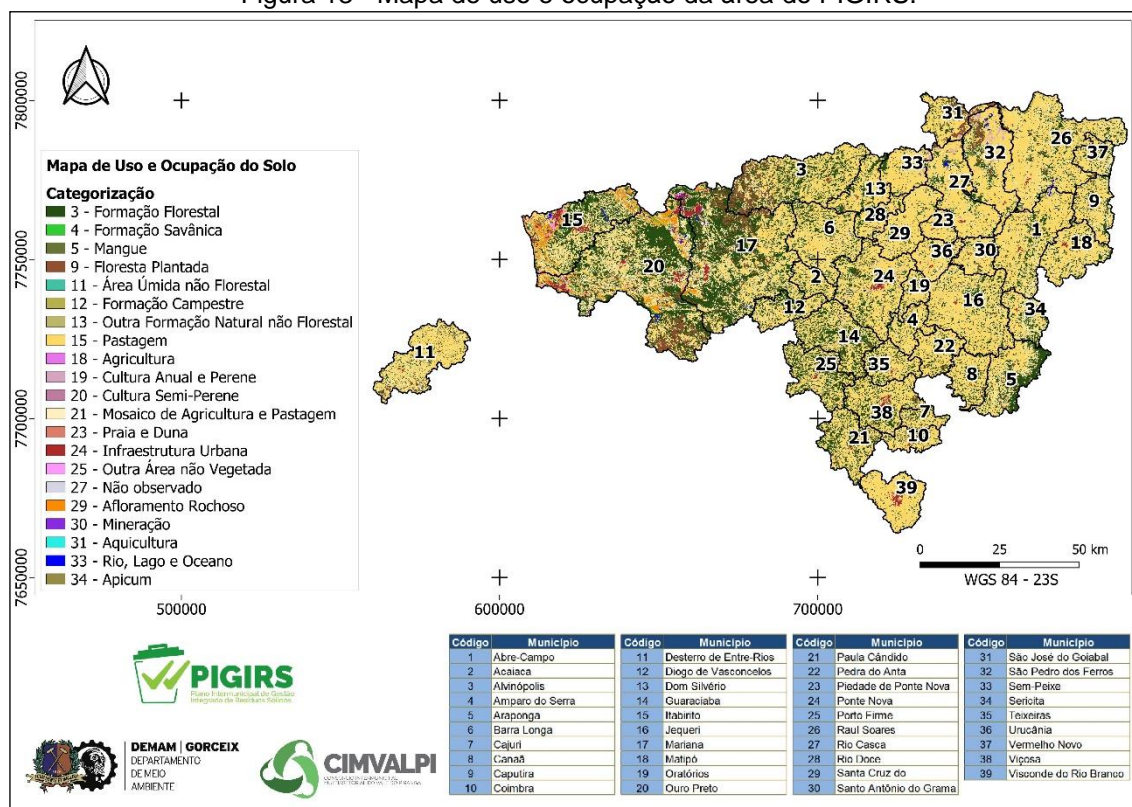
A categoria Florestas está subdividida em Formação florestal, caracterizada por fisionomias típicas de Mata Atlântica, encontradas em diferentes estágios de regeneração. Já a Formação savânica é representada pelas fisionomias típicas do Cerrado, dentre elas campos sujos, campos rupestres, entre outros. Estas formações representam, respectivamente, 25,39% e 0,22% da área total do PIGIRS. De maneira geral, essa categoria concentra-se no Quadrilátero Ferrífero, região que possui inúmeras unidades de conservação, devido ao alto endemismo, relevância ecológica e hidrológica. Os afloramentos rochosos, que representam cerca de 1,70% da área também se concentram nesta região, onde estão associados a rochas como o quartzito, filito quartzoso e itabirito, que por sua vez, estão correlacionados à formação savânica. Já as manchas de Floresta plantada recobrem cerca de 3,38% da área total. Como pode-se observar na Figura 13, os municípios de Mariana, Ouro

Preto, Alvinópolis, São Pedro dos Ferros e São José do Goiabal são os que possuem as maiores áreas.

A área não vegetada é a mais antropizada dentre os tipos de uso e ocupação da área do PIGIRS. Ela é representada pelas infraestruturas urbanas (núcleos populacionais) e pelas zonas de mineração, que correspondem, respectivamente, a 1,03% e 0,02% do território total. Destaca-se que as áreas de mineração se concentram nos municípios de Itabirito, Ouro Preto e Mariana, cidades de grande relevância no setor de extração de recursos minerais. Os outros 0,21% do território são não possui vegetação.

Por fim, os rios e lagos presentes na área representam cerca de 0,36% do território. Como descrito no (Item 3.1.4), a área de estudo caracteriza-se como uma relevante região hidrográfica para o Estado de Minas e para o Brasil, pois diversas nascentes dos rios federais estão inseridas nessa área, assim como afluentes importantes. A Figura 13 apresenta a especialização do uso e ocupação da área do PIGIRS.

Figura 13 - Mapa de uso e ocupação da área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados matriciais do MAPBIOMAS de 2018.

3.1.6. Complexo aeroportuário e distância de segurança aeroportuária

De acordo com Lei nº 12.725, de 16 de outubro de 2012, a área de segurança aeroportuária (ASA) corresponde a:

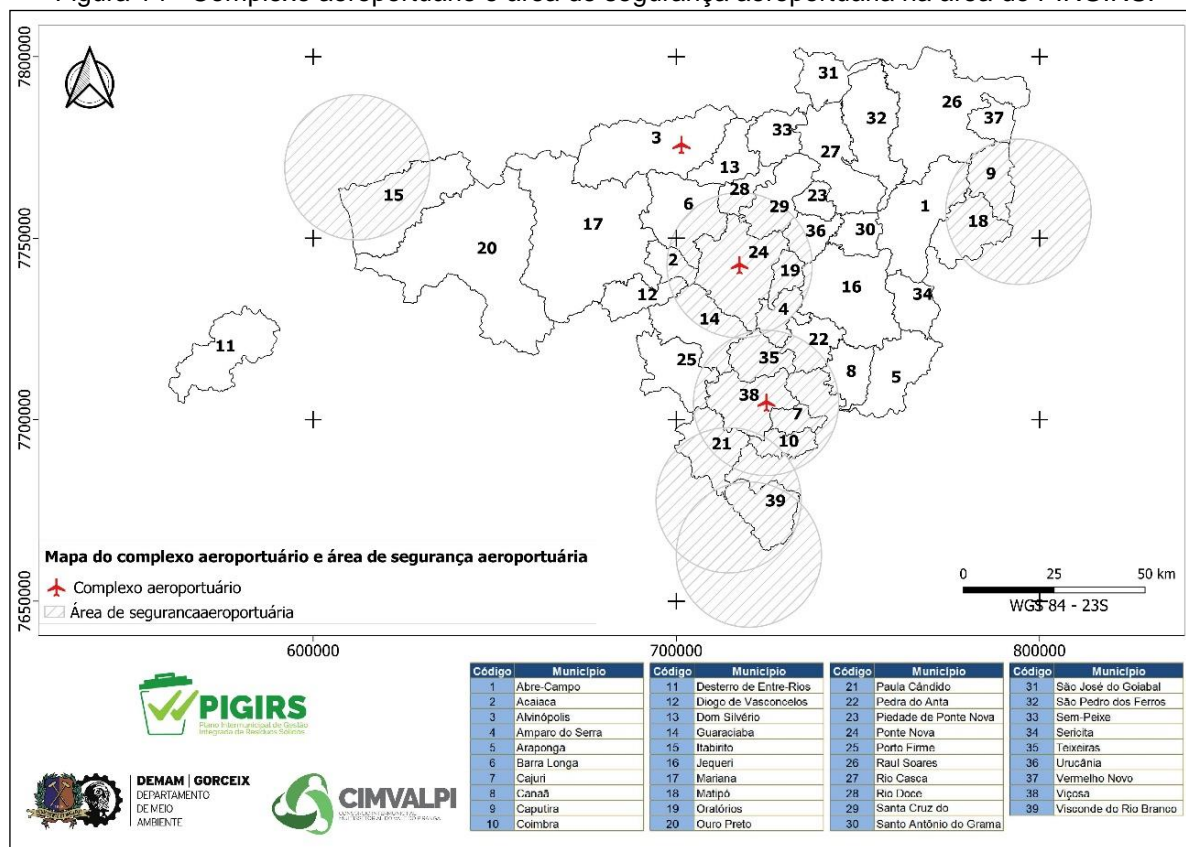
(...) área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, com 20 km (vinte quilômetros) de raio, cujos usos e ocupação estão sujeitos a restrições especiais em função da natureza atrativa de fauna (BRASIL, 2012).”

A Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017 (DN 217/2017) dispõe em seu Art. 6º, § 4º, que os fatores de restrição ou vedação devem ser abordados nos estudos ambientais. A área de segurança aeroportuária é um dos fatores restritivos ou de vedação previstos na DN 217/2017.

Os resíduos sólidos, como os oriundos de atividades domésticas, são constituídos de diversos materiais, dos quais alguns são fontes de alimento e abrigo de animais. Logo, quando estes resíduos são dispostos ao ar livre de forma indiscriminada e sem adotar procedimentos adequados, tais áreas tornam-se pontos atrativos de diversos animais, dentre eles aves. Nesse contexto, projetos de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos, possuem alto potencial atrativo de fauna (aspecto ambiental), o que pode comprometer a segurança operacional da aviação.

Conforme os dados vetoriais obtidos na plataforma IDE-SISEMA, foram contabilizados 3 aeroportos, localizados nas cidades de Viçosa, Alvinópolis e Ponte Nova. Entretanto, ao consultar a lista de aeródromos públicos e privados cadastrados na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) verificou-se que o de Alvinópolis não existe e ao analisar a geolocalização do aeródromo verifica-se que o mesmo localiza-se em uma área de mata. As áreas dos segurança aeroportuária presente na área corresponde a aproximadamente 3.726 km² (30%) da área do PIGIRS englobada. A Figura 14 mostra a localização destes aeroportos e das suas respectivas ASA.

Figura 14 - Complexo aeroportuário e área de segurança aeroportuária na área do PIRGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA.

3.1.7. Geologia

A caracterização geológica é importante na determinação da capacidade carga e na estabilidade do maciço. Além disso, por meio dela é possível interpretar as paisagens, a distribuição das drenagens, a formação do solo e dentre outros comportamentos geotécnicos do território, o que por sua vez permite identificar as potencialidades da área para a construção da infraestrutura desse projeto.

Neste contexto, as principais faixas unidades geológicas aflorantes dos municípios membros do CIMVALPI estão inseridos sobre o Cráton São Francisco e o Orógeno Araçuaí/Ribeira, que é delimitado pelas Faixas Ribeira ao sul e Araçuaí ao leste. As principais feições tectônicas do embasamento do Cráton do São Francisco são o Quadrilátero Ferrífero e o Cinturão mineiro, que envolvem um complexo metamórfico basal (TTG), supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas, do Supergrupo Minas, Grupo Itacolomi e granitóides arqueanos e paleoproterozóicos (SILVA, 2010), cuja distribuição espacial engloba os municípios estudados. O

Orógeno Araçuaí/Ribeira é uma faixa de dobramentos composta pelos complexos Guanhões, Gouveia, Porteirinha, Mantiqueira e Juiz de Fora (SILVA, 2010). Os dois últimos recobrem grande parte da área do PIGIRS, sendo o Complexo Mantiqueira formado por ortognaisses bandados e o Complexo Juiz de Fora por ortognaisses granulíticos, basicamente.

Conforme os dados vetoriais da geologia divulgada pela CPRM (CPRM, 2014), as rochas da área pertencem aos éons Fanerozóico, Proterozóico e Arqueano, que correspondem a aproximadamente 3,06%, 80,17% e a 62,06% do território, respectivamente.

A Era Mesoarqueana compreendida entre 3,2 a 2,8 bilhões de anos atrás, está localizada majoritariamente na região do Quadrilátero Ferrífero. Essa Era é composta principalmente por rochas do Supergrupo do Rio das Velhas. Esse Supergrupo é constituído por uma típica sucessão de *greenstone belt* de idade arqueana, que ocupa áreas de relevo de morros alongados de topos arredondados, morros de cristas aguçadas e colinas (AZEVEDO *et al.*, 2012; PIMENTEL *et al.*, 2005). O Supergrupo Rio das Velhas Indiviso é a faixa que agrupa diversas rochas como os ortognaisses do Complexo Mantiqueira que são injetados por granitos foliados da Súite Borracudos (SILVA, 2000). O Grupo Nova Lima estende-se por cerca de 4,36% da área total e é formado basicamente por xistos grafitosos, xisto clorídrico, formação ferrífera, rochas calciossilicáticas, filitos e outras rochas, que retêm umidade e possuem elevada erodibilidade (PEDROSA, 2013; PIMENTEL *et al.*, 2005). O Complexo Bação ocupa 3,26% do território e é a segunda formação mais abundante, em termos de extensão, desta Era. Essa formação caracteriza-se por ortognaisses bandados tipo TTG, com intercalações de anfibolito e metaultramáfica e lintofáceis granitóides potássicos, litologias ocorrem bastante intemperizadas e muito estruturadas, com exposições de planos de falhas devido ao alto grau de erodibilidade. Em alguns locais ocorrem afloramentos. Em geral a área que compreende essa Era apresenta porções de pouco a moderadamente dobradas e fraturadas e porções intensamente dobradas, com zonas de cisalhamento e de intenso faturamento.

Já na Era Neoarqueana, 2,8 a 2,5 bilhões de anos atrás, surge o Grupo Maquiné (Supergrupo Rio das Velhas), também presente no Quadrilátero Ferrífero, formado por uma sequência de granitos e ortognaisses que recobrem o município de

Desterro de Entre Rios. O Grupo Maquiné é caracterizado por rochas aluviais-fluviais não marinhas, como sericitas, xistos e quartzitos sericíticos de granulação variada, intercalados com xistos e filitos estratificados (PEDROSA, 2013).

De 2,5 a 1,6 bilhões de anos atrás, durante a Era Paleoproterozóica, 62,06% das rochas que recobrem a área do PIGIRS foram formadas, dentre elas as do Complexo São Sebastião Soberbo, as do Supergrupos Minas e as rochas dos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora. O Complexo São Sebastião do Soberbo compõe 7,89% da área total e é constituído de rochas como quartzitos e gnaise, caracterizadas como resistentes ao intemperismo físico e grau de faturamento baixo a moderado. O Supergrupo Minas consiste em um grande complexo de xistos, quartzitos, filitos, itabiritos, dolomitos, depósitos lacustres, sedimentos aluvionares, depósitos de tálus, colúvios e coberturas lateríticas (canga) (CPRM, 2005b). Esta sequência forma um relevo mais resistente ao intemperismo que as rochas dos terrenos granito-*greenstone* subjacentes (CPRM, 2007a). Este Supergrupo é subdividido nos grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará. Dentre estes grupos, o Piracicaba é o mais representativo em termos de extensão, sendo constituído basicamente por xistos e filitos quartzitos. Devido à grande variabilidade litológica, a baixa resistência das rochas, a baixíssima coesão do quartzito, dentre outros fatores, as zonas superficiais desta formação que possuem elevada erodibilidade (PEDROSA, 2013).

O Complexo Mantiqueira é a formação mais representativa na área, recobrando cerca de 33,83% da área total, localizada principalmente na Zona da Mata. O litotipo predominante é a biotita-anfibólio, ortognaise bandado de composição tonalítica a granítica, pouco a moderadamente fraturada e de baixa porosidade. A alternância de bandas félsicas e máficas, com espessura centimétrica a decimétrica, é uma característica marcante das rochas do Complexo Mantiqueira, sendo comuns estruturas migmatíticas tipo *schlieren*, dobrada e surreítica (NOCE *et al.*, 2007). Já o Complexo Juiz de Fora, que representa 7,01% do território em análise, é constituído basicamente de rochas ortognaisses granulíticos ácidos a básicos, com ortognaise tonalítico subordinado, que apresentam porções intensamente dobradas, grau de faturamento variando de pouco a intenso e porosidade média a baixa. Os granulitos básicos possuem granulação fina a média, textura granoblástica e a protomilionítica e estrutura fracamente maciça a

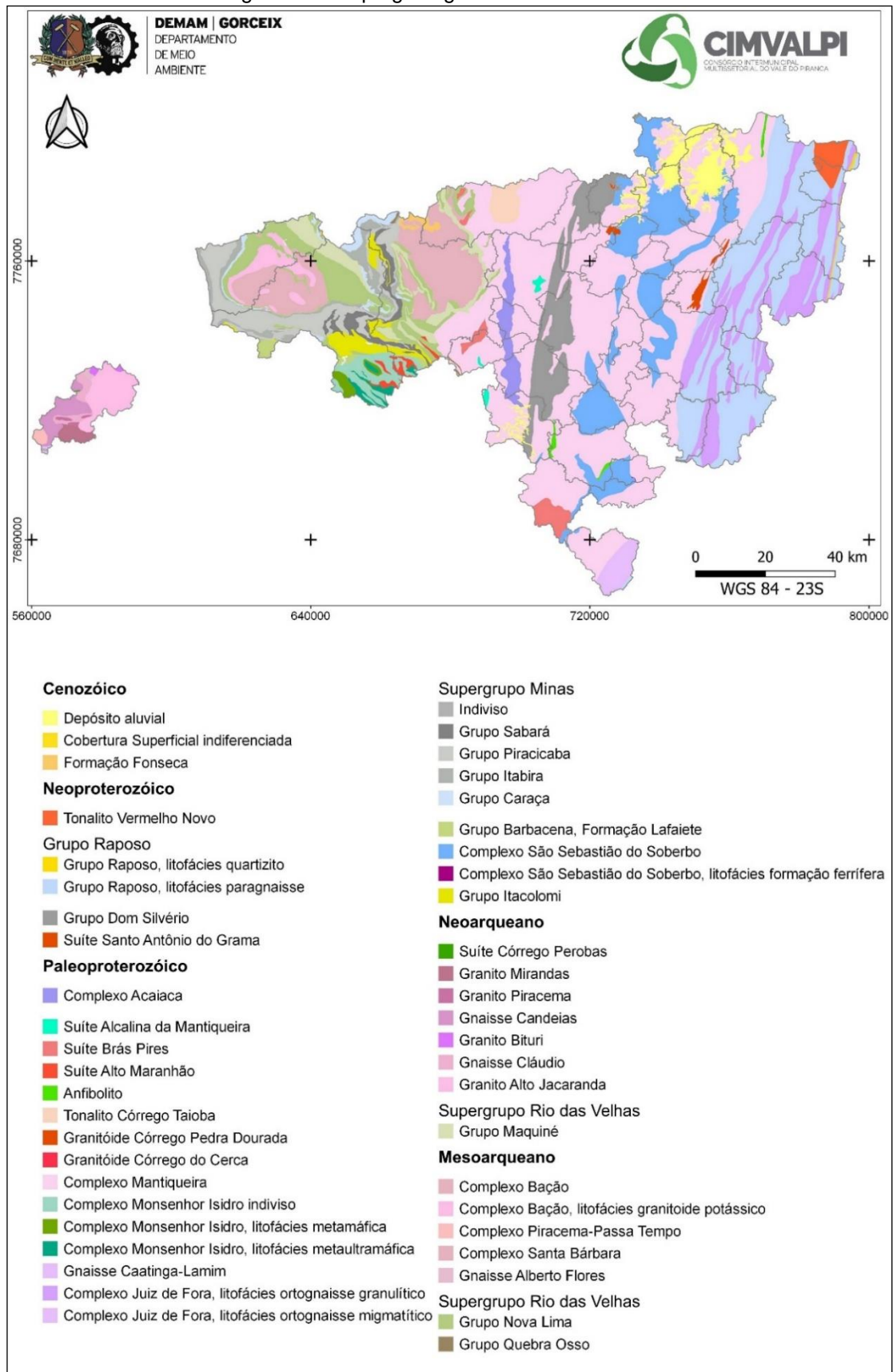
fracamente foliada (CPRM, 2007). O gnaise migmatítico enderbítico é o litotipo predominante neste Complexo, segundo (CPRM, 2007). Tal litotipo caracteriza-se pela presença de bandamentos regulares (CPRM, 2007).

De 1,0 bilhão de anos a 542 milhões de anos atrás, durante a Era Neoproterozoica foram formadas diversas unidades geológicas, dentre elas os grupos Raposo e Dom Silvério, que recobrem cerca de 12,82% e 4,33% da área do PIGIRS, respectivamente. No leste da área, o Grupo Raposo é formado por paragnaisse subordinado a biotita xisto, calcissilicática, mármore, quartzito, concentrações de óxidos de manganês (Mn) e anfibolito. Já na região oeste a constituição predomina o quartzito, com presença de paragnaisse, xisto, calcissilicática, mármore, concentrações de óxidos de Mn, anfibolito. De maneira geral, a ocorrência a leste apresenta uma estrutura geológica resistente a alterações intempéricas, com zonas pouco a intensamente fraturada e de baixa permeabilidade. O Grupo Dom Silvério é formado por xisto aluminoso, metamáfica, metaultramáfica, gondito e clacissilicática (CPRM, 2014), que apresentam fraturas e dobramentos de baixo e moderado grau e porosidade variável.

As Coberturas Cenozoicas, formadas a partir de 65,5 milhões de anos atrás, compreendem a formação de Depósito Aluvial, Cobertura Superficial Indiferenciada, Formação Fonseca e de Tonalito Vermelho Novo. Os depósitos aluvionares são superficiais e formam terraços, que na área de estudo encontram-se distribuídos ao longo dos rios Doce, Matipó e Piracicaba e, dos ribeirões Água Limpa e Sacramento, Gavião e São João dos Nogueiras. De maneira geral, tais depósitos são sedimentos clásticos consolidados, compostos de materiais arenosos relativamente selecionados, com sedimentos finos associados. A cobertura superficial indiferenciada recebe essa nomenclatura devido a sua composição de sedimentos clásticos e lateríticos ferruginosos. Enquanto a Formação Fonseca, situa-se na Bacia de Fonseca e é formada de sedimentos siliciclásticos, e segundo ZANGROSSI (2016) a formação constitui-se de arenito, siltito, argilito e linhito. Já o Tonalito Vermelho Novo é formado predominantemente por rochas de composição tonalítica subordinada ao granodiorito e granito. Localmente são bandadas e geralmente apresentam textura granular hipidiomórfica local e granulação média a grossa (CPRM/DNPM, 2000).

A localização das unidades geológicas na área do IGIRS, obtidas a partir dos dados da CPRM (2014) podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15 - Mapa geológico da área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais do Mapa Geológico de Minas Gerais da CPRM, 2014.

De acordo com o mapa geológico a litologia e as coberturas da área podem ser classificadas conforme a estratigrafia. A Tabela 2 descreve tal classificação, quanto à idade e a porcentagem da área ocupada.

Tabela 2 - Tabela com a classificação estratigráfica da área do PIGIRS.

Éon	Era	Complexo	Suíte	Supergrupo	Grupo	Coberturas	Área (%)	
Fanerozóico	Cenozóico					Depósito Aluvial	2,83%	
						Cobertura Superficial Indiferenciada	0,01%	
						Formação Fonseca	0,22%	
Proterozóico	Neoproterozoico					Tonalito Vermelho Novo	0,72%	
						Raposo	12,82%	
						Dom Silvério	4,33%	
			Santo Antônio do Grama					0,23%
			Acaiaca					1,21%
			Alcalina da Mantiqueira					0,15%
			Brás Pires					0,86%
			Alto Maranhão					0,35%
							Anfibolito	0,20%
							Tonalito Córrego Taioba	0,70%
							Granitóide Córrego Pedra Dourada	0,07%
							Granitóide Córrego do Cerca	0,01%
			Mantiqueira					33,83%
			Monsenhor Isidro					1,81%
							Gnaisse Caatinga-Lamim	0,02%
		Juiz de Fora					7,01%	
				Minas	Indiviso	0,01%		
					Caraça	0,69%		
					Itabira	1,52%		
					Piracicaba	3,24%		
					Sabará	1,00%		
					Barbacena	0,29%		

Éon	Era	Complexo	Suíte	Supergrupo	Grupo	Coberturas	Área (%)		
Arqueno		São Sebastião do Soberbo					7,89%		
					Itacolomi		1,19%		
	Neoarqueano		Córrego Perobas					0,00%	
							Granito Mirandas	0,31%	
							Granito Piracema	0,07%	
							Gnaisse Candeias	0,72%	
							Granito Bituri	0,07%	
							Gnaisse Cláudio	0,31%	
							Granito Alto Jacarandá	1,37%	
					Rio das Velhas	Maquiné		2,14%	
		Mesoarqueano	Bação						3,26%
			Piracema-Passa Tempo						0,12%
	Santa Bárbara							3,88%	
							Gnaisse Alberto Flores	0,05%	
				Rio das Velhas	Nova Lima		4,36%		
				Quebra Osso		0,06%			

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais do Mapa Geológico de Minas Gerais da CPRM, 2014.

Em suma, as formações compostas majoritariamente por gnaisses, ortognaisses, paragnaisse, rochas metamáficas, metabásicas, máfico-ultramáficas, xisto e filito, possuem alto potencial de serem adequadas à instalação de infraestruturas destinadas ao tratamento e disposição final de RS, pois geralmente possui textura argilosa, o que confere às mesmas: facilidade de escavação, erodibilidade alta a moderada, porosidade e permeabilidade baixa, quando muito alteradas. Os complexos Mantiqueira, Juiz de Fora e Bação são exemplos de unidades que podem se enquadrar nas características supracitadas. Em contrapartida, litologias como granito, tonalito, quartzito, entre outras não são muito adequadas, por apresentarem permeabilidade moderada a alta, alta resistência considerável, dentre outras características que aumentam a vulnerabilidade de contaminação da água subterrânea.

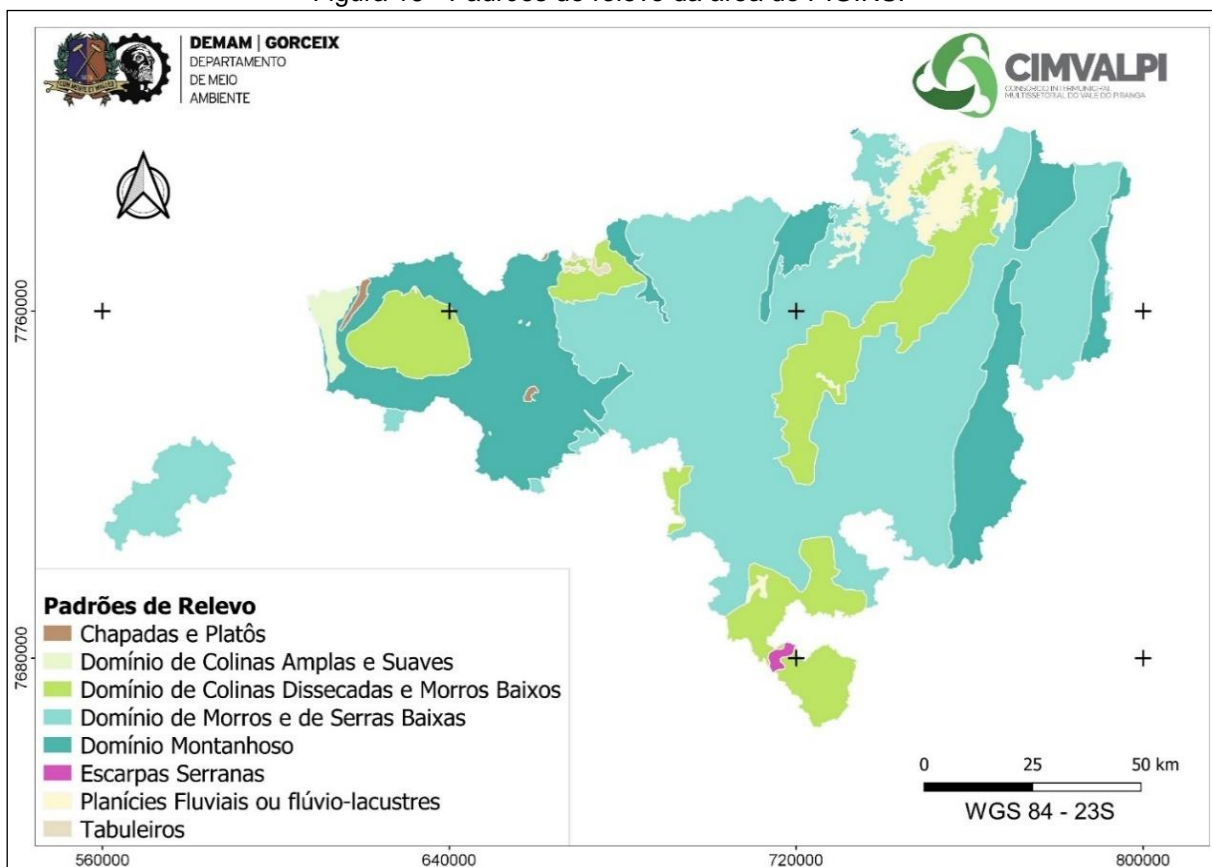
3.1.8. Geomorfologia

A geomorfologia é uma das variáveis mais importantes a ser considerada na avaliação de áreas aptas a instalação de empreendimentos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, pois essa é determinante na escolha da área mais adequada, do método construtivo e das obras civis (ABNT NBR 13896/1997).

A identificação de compartimentos do relevo, ou seja, a categorização do relevo em tipologias de formas que são semelhantes entre si é uma das formas de representação e compreensão dos diversos tipos de feições existentes na superfície terrestre (IBGE, 2019). Esses compartimentos, de acordo com a classificação apresentada no Manual Técnico de Geomorfologia Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), compõem as Unidades Geomorfológicas, que são definidas nesse manual como um arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. Os compartimentos supracitados são identificados como: planícies, depressões, tabuleiros, chapadas, patamares, planaltos e serras (IBGE, 2009).

O relevo da área dos municípios do CIMVALPI, conforme representado na Figura 16, é composto por Chapadas e Platôs, Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, Domínio de Morros e de Serras Baixas, Domínio Montanhoso, Escarpas Serranas e Planícies Fluviais ou fluviolacustre e Tabuleiros.

Figura 16 - Padrões de relevo da área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais do Mapa de Geodiversidade de Minas Gerais (CPRM, 2010 - 1: 1.00.000).

A Chapada é um relevo típico de planalto sedimentar que se caracteriza por topos planos ou suavemente ondulados, com amplitudes que variam de 0 a 20 metros, delimitada por escarpas e vertentes íngremes (IBGE, 2019; MACHADO e SILVA, 2010). As Chapadas e Platôs são relevos sob fraco processo pedogênico e frequente atuação de processos de laterização, sendo classificados como relevos de baixa a moderada suscetibilidade erosiva. (MACHADO e SILVA, 2010).

O Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos possuem colinas dissecadas de topos arredondados com vertentes convexo-côncavas inclinadas de 5 a 20° (MACHADO e SILVA, 2010). Esse relevo ondulado possui amplitude que varia de 30 a 80 metros e constitui um ambiente favorável à formação de solos espessos e bem drenados (processos pedogênicos e morfogênicos em equilíbrio). Não obstante, esse domínio frequentemente está submetido à erosão laminar. Quanto a formação da rede de drenagem nestas regiões é típica a presença de uma drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou vales fechados,

com moderada densidade de drenagem de padrão dendrítico ou subdendrítico (MACHADO e SILVA, 2010).

O Domínio de Morros e de Serras Baixas caracteriza-se por morros convexo-côncavos dissecados com topos arredondados, morros de topo tabular e de topos planos. Neste relevo há predomínio de processos de morfogênese, ou seja, há formação de solos poucos espessos em terrenos com declividade. A amplitude de relevo varia de 80 a 200 metros e a inclinação das vertentes entre 15° e 35° (MACHADO e SILVA, 2010). Em ambientes desse domínio o sistema de drenagem principal é constituído de planícies aluviais restritas (MACHADO e SILVA, 2010).

O Domínio Montanhoso corresponde a alinhamentos serranos, maciços montanhosos, *hogback* (crista isoclinal) e *front de cuestras*, constituindo assim um relevo acidentado, com predomínio de vertentes retilíneas a côncavas, escapadas e topos cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados (MACHADO e SILVA, 2010). Ainda de acordo com MACHADO e SILVA (2010), no geral, essa feição apresenta amplitude de relevo acima de 300 metros, com ocorrências de paredões rochosos subverticais com inclinação de 60° a 90°. Nesse ambiente há a tendência de formar solos rasos, que comumente está submetido à erosão laminar e a movimentos de massa, podendo haver a formação de depósitos de tálus e colúvios nas baixas vertentes. Já o sistema de drenagem principal está em fraco processo de entalhamento.

As escarpas serranas fazem parte do relevo montanhoso (amplitude acima de 300 metros), onde também há o predomínio de escarpas e vertentes retilíneas a côncavas, com inclinação de 25° a 45°, com sedimentação de colúvios e tálus (MACHADO e SILVA, 2010). Os solos formados nessa região são rasos. Esse relevo também é susceptível a erosão laminar e a movimentos de massas variam de moderada à alta.

As Planícies flúvias ou flúvio-lacustres são planícies de inundação e de baixadas inundáveis, onde há a deposição de areno-argilosos a argilo-arenosos. A inclinação das vertentes varia de 0° a 3° (MACHADO e SILVA, 2010). Por fim, os Tabuleiros são superfícies extensas, suavemente dissecadas, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados “U” (MACHADO e SILVA, 2010). A amplitude varia de 20 a 50 metros. Há o predomínio da formação de solos espessos e bem drenados.

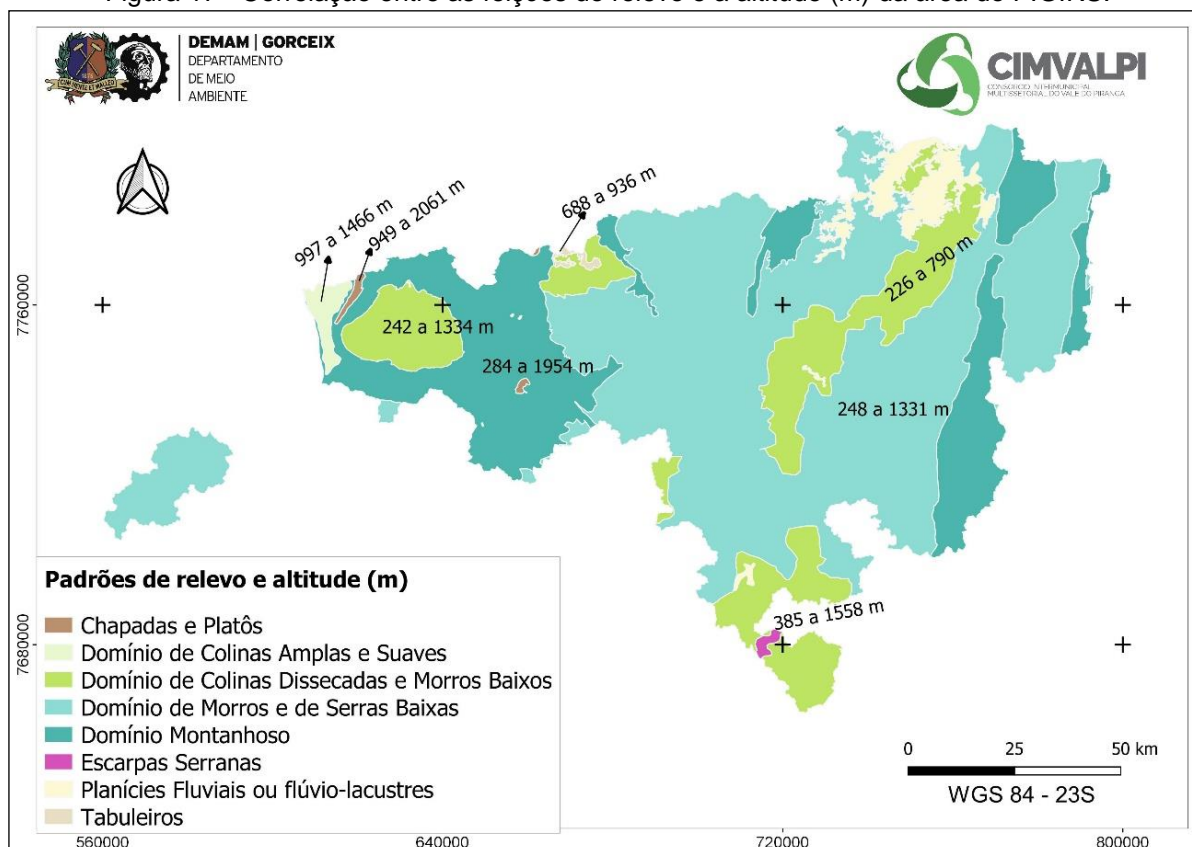
A Tabela 3 e a Figura 17 resume a ocorrência de cada compartimento de relevo presente na área de estudo.

Tabela 3 - Ocorrência e características do relevo da área do PIGIRS.

Relevo	Ocorrência	Altitude (m)	Declividade (%)
Planícies Fluviais ou flúvio-lacustres	2,98	226 a 790	0 a 143
Escarpas Serranas	0,19	385 a 1558	0 a 152
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	16,9	242 a 1334	0 a 172
Domínio de Morros e de Serras Baixas	55,53	248 a 1331	0 a 561
Tabuleiros	0,18	688 a 936	0 a 76
Chapadas e Platôs	0,23	949 a 2061	0 a 292
Domínio Montanhoso	23,14	284 a 1954	0 a 543
Domínio de Colinas Amplas e Suaves	0,81	997 a 1466	0 a 111

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais do Mapa de Geodiversidade de Minas Gerais (CPRM, 2010 - 1:1. 00.000) e do MDE Alos Palsar, 2011.

Figura 17 - Correlação entre as feições do relevo e a altitude (m) da área do PIGIRS.



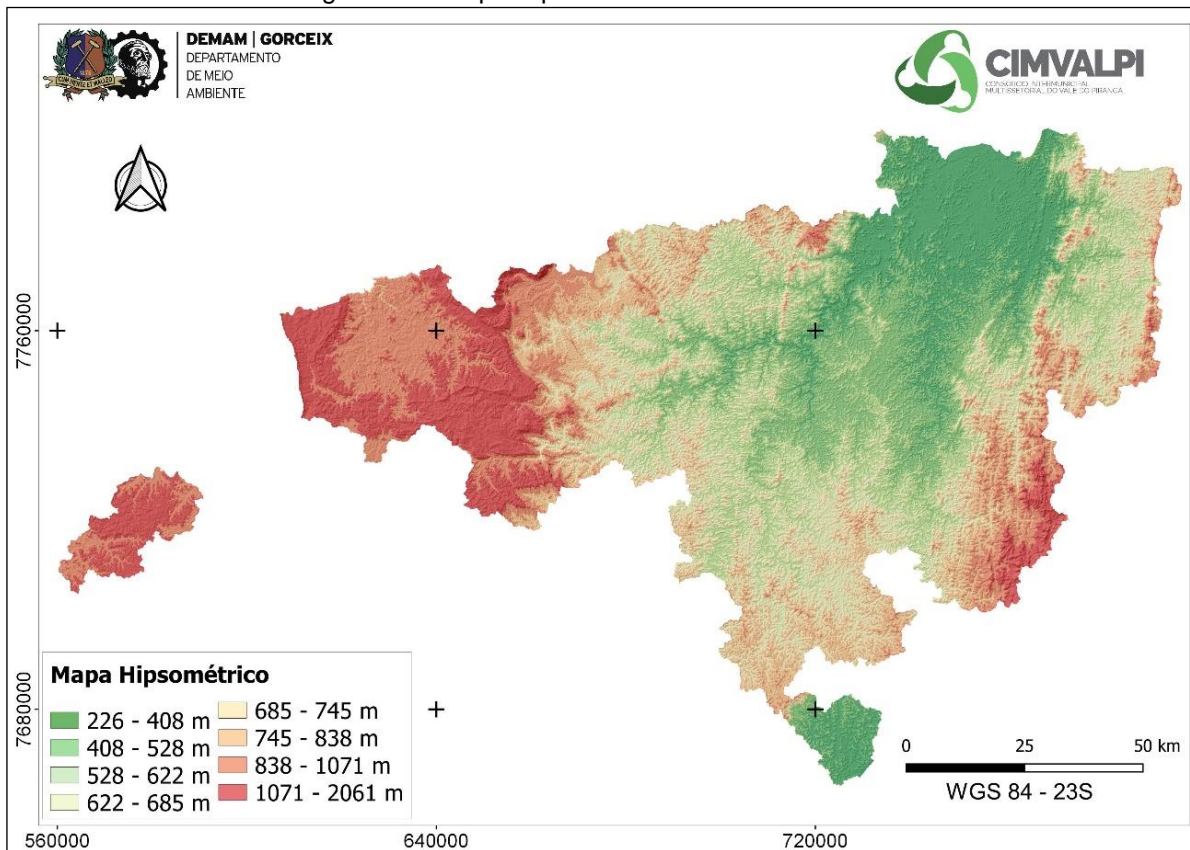
Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais do Mapa de Geodiversidade de Minas Gerais (CPRM, 2010 - 1:1. 00.000) e do MDE Alos Palsar, 2011.

Das feições de relevo presentes na área, destaca-se o domínio Morros e de Serras Baixas (55% do território), segundo a classificação de relevo de Florenzano

(2008), é um relevo fortemente ondulado que possui altitudes que varia 248 a 1331 m. Presente em 23,14% da área do Plano, o Domínio Montanhoso é o segundo mais abundante, com altitude variando entre 284 e 1954 metros aproximadamente. O Quadrilátero Ferrífero é uma região com esse relevo, que é caracterizada por possuir sistemas de dobramentos e falhas regionais como os sinclinais Moeda, Dom Bosco e Gandarela e onde o Planalto Quartzítico Serra do Itacolomi, as serras de Ouro Preto e da Chapada e, o Pico Itacolomi (PEDROSA, 2013).

O Domínio Montanhoso também está presente na faixa que vai do nordeste ao sudeste, onde predomina o Complexo Mantiqueira, composto basicamente de ortognaisses que formam um relevo suave a fortemente ondulado. Já no extremo norte destaca-se a depressão dos rios Pomba e Muriaé, que possuem um terreno de baixas altitudes. Na região Leste, as Serras da Zona da Mata se destacam em um relevo fortemente ondulado a montanhoso que são compostas de gnaisses (orto e para), basicamente. Através do Mapa Hipsométrico (Figura 18), obtido através Modelo Digital de Elevação da Alos Palsar, pode-se observar o comportamento do relevo da área do PIGIRS. Neste a variação de altitude é representada por uma escala de cores uma escala de cores, da qual é possível distinguir o terreno mais alto e o mais baixo.

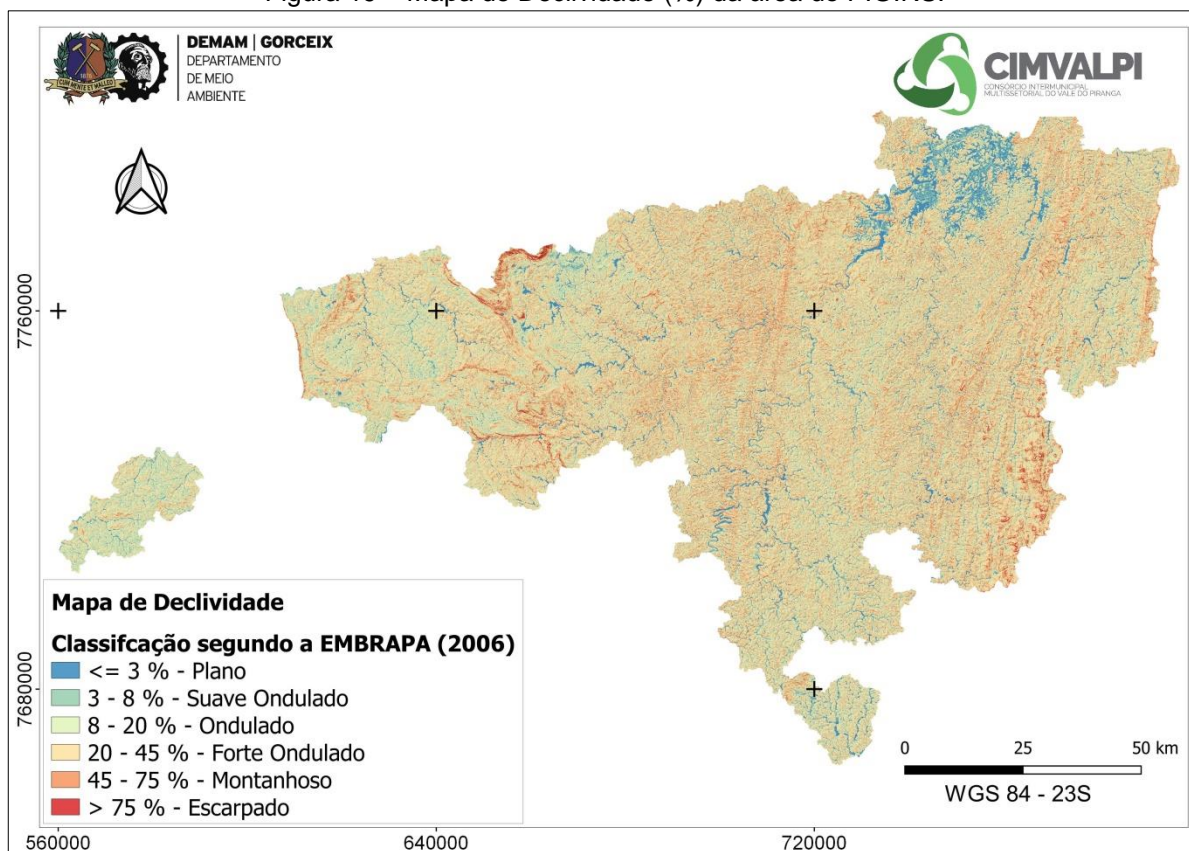
Figura 18 – Mapa Hipsométrico da área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dado matricial do MDE Alos Palsar, 2011.

Já o Mapa de Declividade (Figura 19) derivado a partir do MDE Alos Palsar, tem por objetivo representar a inclinação das encostas, característica considerada um fator limitante na escolha de possíveis áreas para a construção de infraestruturas para tratamento e destinação final de resíduos sólidos. A ABNT NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997) recomenda que áreas com declividade superior a 30% não devem ser utilizadas para a construção de aterros sanitários. Conforme se verifica na Figura 19, a declividade majoritária da área enquadra-se nas classes, cujo relevo varia de suave ondulado a ondulado, sendo o relevo forte ondulado o mais significativo desse intervalo.

Figura 19 – Mapa de Declividade (%) da área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no MDE Alos Palsar, 2011.

3.1.9. Pedologia

O solo é um conjunto de minerais resultante do efeito integrado do clima (intemperismo), dos organismos vivos e das atividades antrópicas (LEPSCH, 2011). De acordo com a ABNT NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997) o conhecimento do tipo de solo é fundamental na determinação da capacidade de purificação de solo e da velocidade de infiltração. Assim, a caracterização do solo é uma das variáveis importantes no planejamento de usos e ocupação das terras, pois sua morfologia fornece informações físicas, químicas, mineralógicas, geotécnicas e sobre as condições ambientais. Tais fatores interferem direta ou indiretamente no comportamento e na qualidade do meio ambiente (CPRM, 2005c).

Em 2010, o Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, em parceria com a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) atualizou o mapa de solos de Minas Gerais de 2007. A caracterização pedológica da área do PIGIRS a seguir foi baseada neste estudo.

Assim, na área de estudo são observadas seis categorias de solos, conforme apresentado na Tabela 4 e representado na **Erro! Fonte de referência não encontrada**. A descrição dos solos seguirá o apresentado pela legenda expandida do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV - CETEC - UFLA - FEAM, 2010).

Tabela 4 - Classificação dos solos da área dos municípios do CIMVALPI.

Sigla	Classe	Descrição	Área (%)
AR8	Afloramento rochoso	AR8: AR (50%) + RL Distrófico típico (30%) + CXb Tb Distrófico (20%) (ambos a moderado)	0,77
CHd2	Cambissolo húmico	CHd2: CH Distrófico latossólico (50%) + RL Húmico típico (Ambos a húmico) (30%) + AR (20%)	1,11
CHd3		CHd3: CH Distrófico latossólico (40%) + RL Húmico típico a húmico (20%) + LVA Distrófico húmico (20%) (Ambos a húmico) + LVA Distrófico típico a moderado (10%) + AR (10%)	
CHd5		CHd5: CH Distrófico latossólico (40%) + CH Distrófico léptico (20%) + LVA Distrófico húmico (20%) + AR (20%)	
CXbd1	Cambissolo háplico	CXbd1: CXb Distrófico típico a fraco/moderado	8,02
CXbd1		CXbd21: CXb Distrófico típico e léptico + RL Distrófico típico + LVA Distrófico típico (Todos a moderado)	
CXbd21			
CXbd21			
CXbd21			
CXbd28		CXbd28: CXb Tb Distrófico típico (60%) + RL Tb Eutrófico típico (20%) + LVA Distrófico típico (10%) (Todos a moderado) + AR (10%)	
CXbd29		CXbd29: CXb Tb Distrófico típico (50%) + LVA Distrófico típico (40%) + PVA Eutrófico típico (10%) (Todos a moderado)	
CXbdf		CXbdf1: CXb Tb Distrófico típico a moderado (50%) + CXb Tb Distrófico típico (20%) + LV Distrófico típico (20%) + LVA Distrófico típico (10%) (Todos a moderado)	
CXbe11	CXbe11: CXb Tb Eutrófico típico (50%) + PVA Eutrófico típico (35%) + PV Distrófico nitossólicos (15%) (Todos a moderado)		
CYbe2	Cambissolo flúvico	CYbe2: CYb Tb Eutrófico típico + PV Eutrófico típico (Ambos moderado) + RUb Tb Eutrófico típico a fraco	2,47

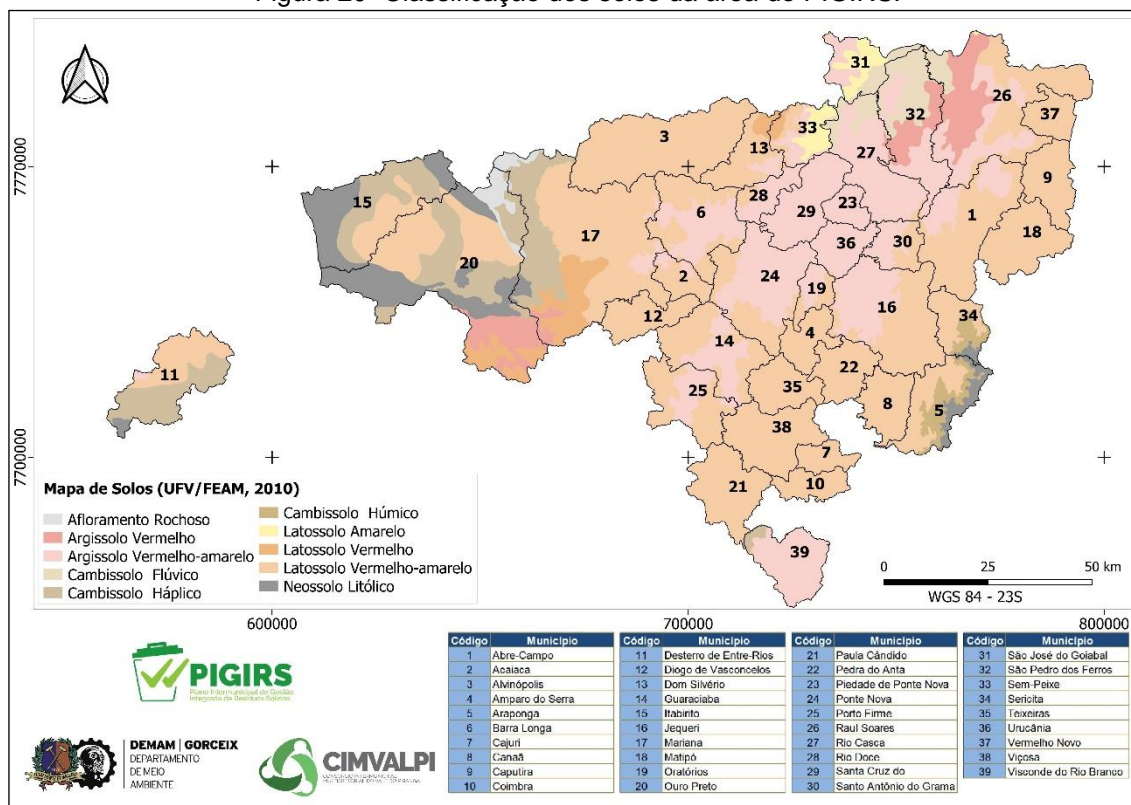
Sigla	Classe	Descrição	Área (%)	
LAd2	Latossolo amarelo	LAd2: LA Distrófico típico a moderado (50%) + CYb Tb Distrófico típico a fraco (35%) + GM Tb Distrófico típico a moderado (15%)	1,18	
LAd3		LAd3: LA Distrófico típico (60%) + CYb Tb Distrófico típico (30%) (Ambos a moderado) + RUB Tb Distrófico típico a fraco (10%)		
LVA1	Latossolo vermelho-amarelo	LVA1: LVA Distrófico típico a moderado	51,54	
LVA1		LVA1: LVA Distrófico típico a moderado		
LVA1				
LVA28				LVA28: LVA (35%) + CXb Tb (30%) + LV (20%) + PVA (15%) (Todos Distrófico típico a moderada)
LVA28				
LVA29				LVA29: LVA (50%) + CXb Tb (25%) + PVA (25%) (Todos Distrófico típico a moderada)
LVA30				LVA30: LVA Distrófico húmico (20%) + LV Distrófico húmico (20%) + CH Distrófico latossólico (30%) + RL Húmico típico (60%) (Todos a húmico) + AR (15%)
LVA33				LVA33: LVA (50%) + CXb Tb (30%) + PVA (20%) (Todos Distrófico típioco a moderado)
LVA33				
LVA34				LVA34: LVA Distrófico húmico a húmico (50%) + LVA Distrófico típico a moderado (30%) + CH Distrófico latossólico a húmico (10%) + CXb Tb Distrófico a moderado (10%)
LVA35				LVA35: LVA (35%) + LV (35%) + CXb Tb (30%) (Todos Distrófico típico a moderado)
LVA40	LVA40: LVA (50%) + CXb Tb (25%) + PVA (25%) (Todos Distrófico típico a moderado)			
LVA67	LVA67: LVA (70%) + PVA (30%) (Ambos Distrófico típico a moderada)			
LVd13	Latossolo vermelho	LVd13: LV (35%) + LVA (30%) + CXb Tb (20%) + PVA (15%) (Todos Distrófico típico a moderado)	2,53	
LVd15		LVd15: LV Distrófico típico (50%) + PV Eutrófico típico (30%) + CXb Tb (20%) (Todos a moderado)		
LVd21		LVd21: LV (50%) + CXb Tb (30%) + PV (20%) (Todos Distrófico típico a moderado)		
LVd8		LVd8: LV + CXb (Todos Distrófico típico a moderado)		
PVA10	Argissolo vermelho-	PVA10: PVA + LV + NV (Todos Distófico típico a moderado)	23,27	

Sigla	Classe	Descrição	Área (%)	
PVAd13	amarelo	PVAd13: PVA (50%) + LA (30%) (Ambos Distrófico típico a moderado) + RUb Tb Distrófico típico a fraco (10%)		
PVAd18		PVAd18: PVA (60%) + LA (40%) (Ambos Distrófico típico a moderado)		
PVAe22		PVAe22: PVA Eutrófico típico a moderado (40%) + PVA (25%) + LVA (20%) + CXb Tb (15%) (Os três últimos Distrófico típico a moderado)		
PVAe25		PVAe25: PVA Eutrófico típico (60%) + PV Eutrófico nitossólicos (40%)		
PVd3	Argissolo vermelho	PVd3: PV (50%) + LVA (40%) + CXb Tb (10%) (Todos Distrófico típico a moderado)	4,00	
PVe4		PVe4: PV Eutrófico típico (50%) + PVA Distrófico típico (25%) + CYb Tb Eutrófico típico (25%) (Todos a moderado)		
RLd10	Neossolo litólico	RLd10: RL (50%) + CXb Tb (30%) (Ambos Distrófico típico a moderado) + AR (20%)	5,08	
RLd4		RLd4: RL Distrófico típico a fraco/moderado + AR		
RLd4				
RLd4				
RLd6				RLd6: RL Distrófico típico a fraco/moderado + CXb Distrófico típico e léptico + PVA Distrófico típico a moderado
RLd6				
RLh1	RLh1: RL Húmico típico a húmico (50%) + CH Distrófico léptico (30%)+ Organossolo Fólico Húmico líticos a hístico (10%) + AR (10%)			

AR: Afloramento de rocha; LVA: Latossolo vermelho-amarelo; LV: Latossolo vermelho; LA: Latossolo amarelo; CXb: Cambissolo háplico; CH: Cambissolo húmico; CYb: Cambissolo flúvico; PVA: Argissolo vermelho-amarelo; PV: Argissolo vermelho; RL: Neossolo litólico; RUb: Neossolo flúvico; GM: Gleissolo háplico; NV: Nitossolo vermelho.

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais do Mapa de Solos de Minas Gerais – Parte 4 (UFV - CETEC - UFLA - FEAM, 2010 – 1: 650.000).

Figura 20- Classificação dos solos da área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais do Mapa de Solos de Minas Gerais – Parte 4 (UFV - CETEC - UFLA - FEAM, 2010 – 1: 650.000).

Os afloramentos de rocha estão presentes em 0,77% da área de estudo, sendo típicas de áreas de campos rupestres e floresta tropical subperenifólia. Ademais os afloramentos ocorrem em relevos forte ondulado, montanha a escarpado.

Os Cambissolos recobrem 11,6% do território em estudo e compreendem solos constituídos por minerais, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico com 40 cm ou mais de espessura, desde que o perfil não satisfaça aos requisitos para Plintossolos, Gleissolos ou Vertissolos (SANTOS, 2018; LEPSCH, 2011). Estes solos comumente são pouco profundos (geralmente com 1 m de *solum*), com argilas de atividade média a alta, com pouca variação de textura e ocorrem em áreas acidentadas, locais onde o manejo e acesso são difíceis (LEPSCH, 2011). Segundo Santos (2018) os cambissolos podem ser do tipo Húmico, Flúvico e Háplico.

Na área de estudo, 1,11% corresponde ao tipo Cambissolo húmico (CH), que se caracteriza por ser distrófico latossólico e distrófico típico com horizonte A húmico, de textura argilosa a muito argilosa, que está associado a ambientes de

floresta tropical subperenifólia e de relevo forte ondulado a montanhoso. Os solos distróficos léptico possuem textura argilosa podendo ser rochosos e não rochosos, são encontrados em locais de relevo montanhoso e escarpado. O Cambissolo háptico Tb (CXb) representa 8,02% da área total e apresenta-se nas tipologias distróficos típicos possuem textura argilosa, já os do tipo distrófico típico e léptico a textura é média/argilosa, pedregoso ou não pedregoso. Os CXb possuem horizonte A moderado, de pouca profundidade, baixa infiltração, elevada erodibilidade e estão associados a ambientes de relevo forte ondulado a montanhoso (CPMR, 2005c). Ademais, o CXb compreende solos minerais, não hidromórficos, bem drenados (ICMBIO, 2010b). Recobrimo 2,47% da área, o Cambissolo flúvico Tb (CYb) é do tipo eutrófico típico, com horizonte A moderado, pouco profundo, de textura média e argilosa. Em áreas de relevo plano há ocorrência de horizontes do tipo distrófico típico (horizonte A moderado), profundo e de textura argilosa. O solo CYb também está associado a ambientes de floresta tropical subperenifólia e de relevos ondulados a forte ondulados.

Os Latossolos são a tipologia de maior representatividade na área, aproximadamente 55,24% da área total. No geral, caracterizam-se por serem muito intemperizados e possuem um horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, exceto o hístico (SANTOS, 2018). Segundo LEPSCH (2011), os perfis típicos apresentam horizonte A pouco espesso com transição difusa para o horizonte B latossólico, que pode atingir mais 2 m de profundidade, friável, com porosidade e permeabilidade elevada, ácidos e pobres em nutrientes. No mais esses solos possuem baixa susceptibilidade à erosão (CPRM, 2005c).

Dentre as subordens de Latossolo existentes no território dos municípios do CIMVALPI, o Latossolo vermelho-amarelo (LVA) recobre cerca de 51,54% da área total e caracteriza-se por possuírem horizonte A moderado, sendo tipificado em distrófico típico, de textura argilosa, encontrados em relevos forte ondulado a montanhoso. No geral os LVAs são profundos, acentuadamente drenados, de baixa fertilidade e com alta saturação de alumínio (ICMBIO, 2010b). O Latossolo amarelo (LA) é do tipo distrófico típico, com horizonte A moderado, muito profundo, de textura argilosa e muito argilosa. Há a ocorrência do tipo distrófico húmico, com horizonte A húmico, de textura muito argilosa. Os LAs comumente são solos profundos, estruturados, nunca hidromórficos, ácidos, sendo associados a relevos ondulados,

forte ondulados e montanhosos e à ambientes de floresta tropical subperenifólia. Tal subordem está presente em 1,18% do território. Já o tipo Latossolo vermelho (LV), recobre 2,53% do território, é distrófico típico a moderado de textura argilosa a muito argilosa estão associados ambientes de relevo e vegetação similares ao LA e sua origem, majoritariamente.

Os Argissolos recobrem cerca de 27,27% do território do CINVALPI e caracterizam-se por apresentar horizonte B textural precedido do A e E, com argila de atividade baixa ou alta, essa última, desde que essa esteja conjugada com saturação por bases baixas ou por alumínio alta, além de outros requisitos (SANTOS, 2018). Segundo Lepsch (2011), esse tipo de solo também é muito intemperizado, bastante heterogêneo, de espessura variando de 0,5 a 1,5 m, podem ter alta ou baixa saturação por bases e a argila pode mais que dobrar em curtas distâncias verticais. Geralmente possuem alta susceptibilidade à erosão, que é acentuada quando há uma grande diferença de composição entre os horizontes A e B, sendo agravada com o aumento da declividade do terreno.

Na área de estudo o solo Argissolo subdivide-se em vermelho-amarelo (PVA) e vermelho (PV). O primeiro recobre 23,27% da área e caracteriza-se por ser distrófico típico a moderado, de textura média, argilosa a muito argilosa. Há solos PVA eutrófico típico a moderado, de textura argilosa a muito argilosa. Já o solo tipo PV (2,53% da área total) é distrófico típico a moderado, de textura argilosa a muito argilosa. Os Argissolos também recobrem área de relevo ondulado e forte ondulado e área de floresta tropical subperenifólia.

Os Neossolos representam aproximadamente 5,08% da área do PIGIRS. Tais solos são considerados pouco evoluídos e são constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, sem horizonte B diagnóstico (SANTOS, 2018). Dentre as subordens apresentada por Santos (2018), na área há apenas o Neossolo litólico (RL), que está presente na variação distrófico típico a moderado, com textura média, sendo encontrado em ambientes de campo rupestre de quartzito e de campo rupestre, em relevo montanhoso. Já o tipo húmico típico a húmico, com textura argilosa, é típico de campo rupestre, em relevo montanhoso. O RL distrófico típico a fraco a moderado é encontrado no cerrado em relevo suave ondulado e ondulado e forte ondulado e na caatinga hipoxerófila em relevo ondulado e forte ondulado e montanhoso. Há também a variação húmico

típico a húmico, com textura argilo-arenosa, em fase de campo rupestre e relevo montanhoso a escarpado. Em geral, os Neossolos litólicos possuem fragmentos grosseiros com diâmetros maiores que 2 milímetros (cascalhos, calhaus e matações) e estão associados a afloramentos de rocha (SANTOS, 2018).

3.1.10. Hidrogeologia

A caracterização hidrogeológica permite identificar as potencialidades e produtividades de aquíferos, o comportamento hidrodinâmico e a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas. Essa variável é de suma importância na identificação de potenciais áreas para a construção de infraestruturas voltadas para o tratamento e disposição final de RS, pois um dos aspectos ambientais de infraestruturas dessa natureza é a possibilidade de contaminação solo e da água subterrânea.

Em hidrogeologia, a descrição e representação são condicionadas a uma taxonomia, onde a unidade normalmente é o aquífero, que é um agrupamento de unidades geológicas que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante, criando as unidades hidrolíticas, ou domínios hidrogeológicos (DINIZ *et al.*, 2014). Assim, seguindo o “O Manual de cartografia hidrogeológica da CPRM” (DINIZ *et al.*, 2014), a descrição partirá da maior classe taxonômica, a Unidades Hidrolíticas (UHL) para a menor, a Unidade Hidroestratigráfica (UHE).

Unidades Hidrolíticas (UHL)

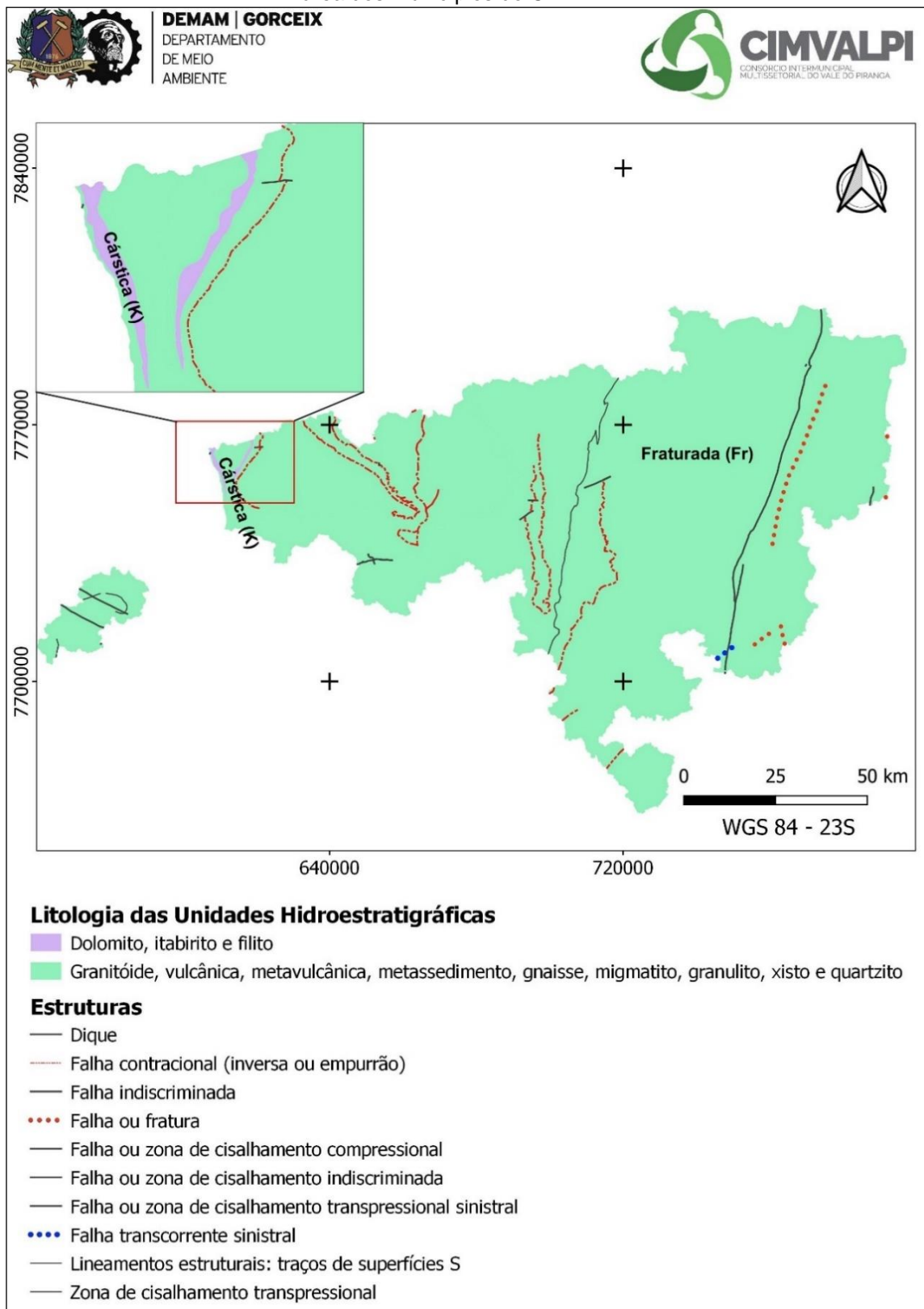
A Unidade Hidrolítica é uma unidade de referência, tridimensional, resultante de grupos de formações geológicas, denominadas de Unidades Hidroestratigráficas, que são temporalmente relacionadas, armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante e com produtividades da mesma ordem de grandeza (DINIZ *et al.*, 2014).

A área abrangida pelos municípios do CIMVALPI situam-se nas Unidades Hidrolíticas Fraturada (Fr) e Cárstica (K) (Figura 20), que refletem a forma de acúmulo e condução da água subterrânea das Unidades Hidroestratigráficas do Embasamento Fraturado Indiferenciado (Fr) e da Formação Gandarela (PP1mg), respectivamente, conforme representado na Figura 21.

O Domínio Hidrológico Cárstico (K) é formado pela UHE da Formação Gandarela (PP1mg), que é composta litologicamente por dolomitos, itabiritos e filitos (Figura 20). De acordo com as informações da Figura 21, a produtividade aquífera é classificada como moderada (classe 3), onde o fornecimento de água atende abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas, uma vez que a vazão está entre 25 e 30 m³/h e a condutividade hidráulica varia de 10⁻⁰⁶ m/d a 10⁻⁰⁵ m/d (DINIZ *et al.*, 2014).

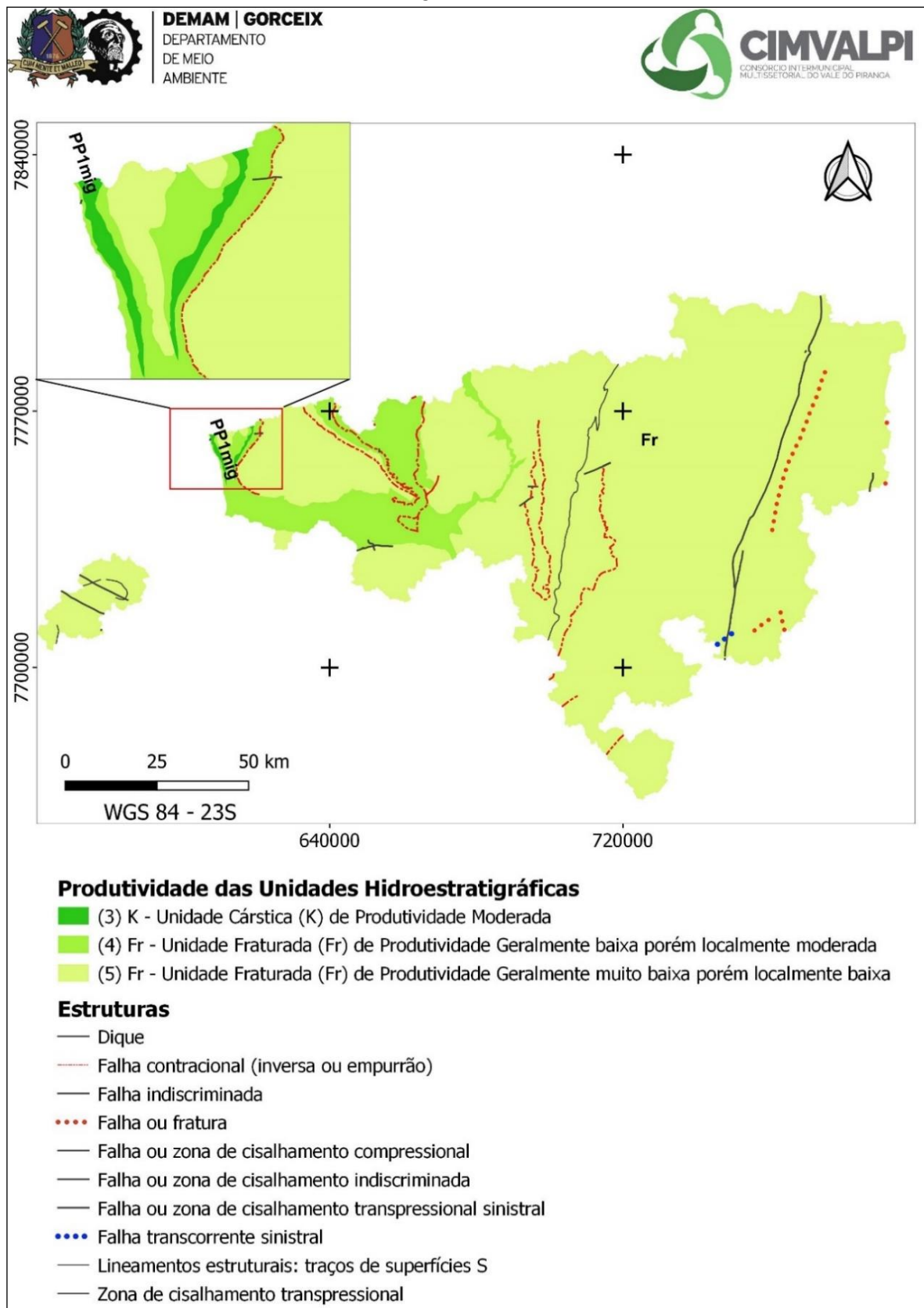
A Unidade Hidrológica Fraturada (Fr), recobre a maior parte do território em análise, sendo caracterizada como uma unidade que apresenta porosidade secundária, originada do fraturamento ou falhamento de rochas de diversos tamanhos e aberturas (DINIZ *et al.*, 2014). Logo, o aquífero é constituído a partir dessas unidades que são restritas, descontínuas e localizadas, que podem ser representadas por fenda ou um conjunto restrito delas. Na área do PIGIRS esse tipo de aquífero está associado a um sistema de falhas, da qual se destaca as falhas do tipo contracional (empurrão ou inversa) (DINIZ *et al.*, 2014). Esta UHL reflete as características da Unidade Hidroestratigráfica do Embasamento Fraturado Indiferenciado (Fr), que de acordo com DINIZ *et al.* (2014) é caracterizado pela ocorrência de reservatórios aleatórios que no conjunto formam uma unidade hidrogeológica. A produtividade de água subterrânea subdivide-se em: baixa, porém localmente moderada (classe 4), cuja produção é destinada a fornecimento de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado, com vazões entre 10 e 25 m³/h; e em muito baixa, porém localmente baixa (classe 5), em que a água é para usos que não necessitam de continuidade, pois o fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos, visto que a vazão está entre 1 e 10 m³/h (DINIZ *et al.*, 2014). A Figura 21 representa a distribuição das UHL e das UHE na área dos municípios CIMVALPI e a Figura 22 a produtividade dessas unidades, segundo dados da CPRM de 2014.

Figura 21- Mapa das Unidades Hidrolíticas e da litologia das Unidades Hidroestratigráficas da área dos municípios do CIMVALPI.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2007 – 1: 2. 500.000).

Figura 22 - Mapa produtividade das Unidades Hidroestratigráficas da área dos municípios do CIMVALPI.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2007 – 1: 2. 500.000).

Unidade Hidroestratigráfica (UHE)

As Unidades Hidroestratigráficas são decompostas em domínios hidrogeológicos, que é definido por Bomfim (2002) como entidade resultante do agrupamento de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas. As UHE são definidas principalmente com base nas características petrográficas.

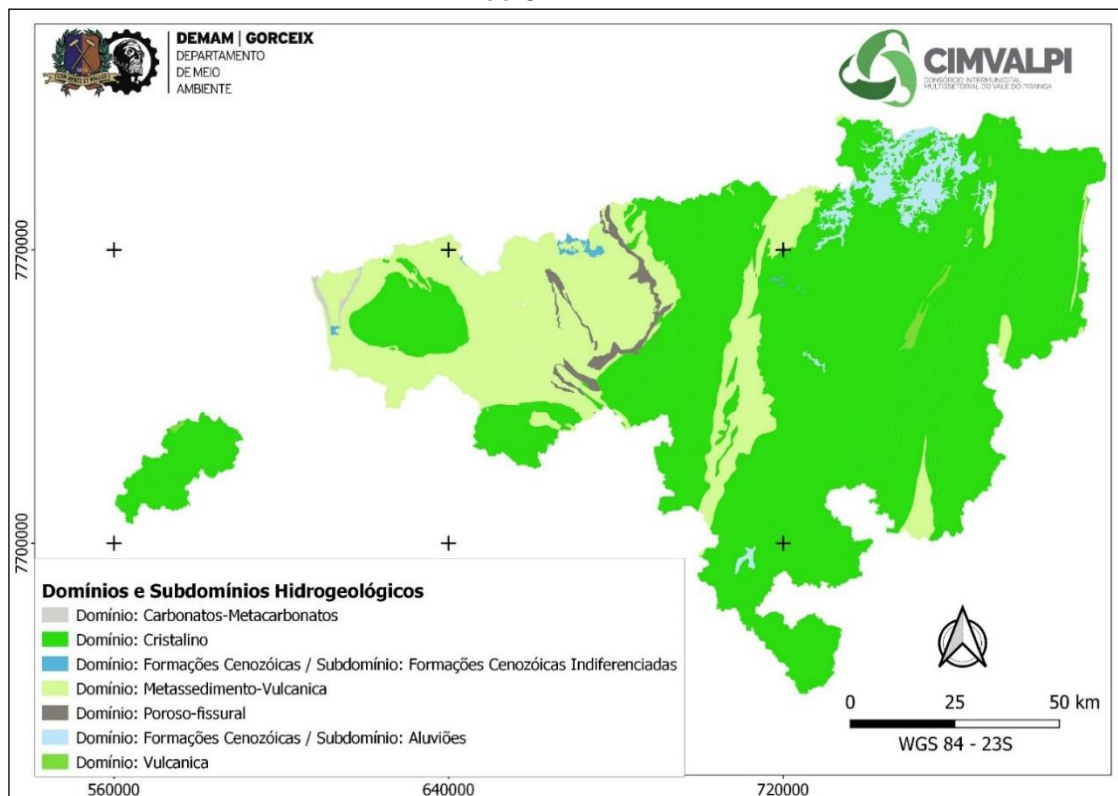
Assim, em concordância com os dados vetoriais do Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2007), o território em análise está inserido em 7 (sete) domínios hidrogeológicos, que configuram 3 (três) tipos de aquíferos, conforme descrito na Quadro 2 e representado na Figura 23.

Quadro 2 - Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos e seus respectivos aquíferos na área dos municípios do CIMVALPI.

Domínios hidrogeológicos	Subdomínios hidrogeológicos	Aquífero
Formações Cenozóicas	Aluviões/Formações Cenozóicas Indiferenciadas	Poroso
Poroso/Fissural	-	Misto
Carbonatos/Metacarbonatos	-	Fissural
Cristalino	-	
Vulcânicas	-	
Metassedimentos/Vulcânicas	-	

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2007 – 1: 2. 500.000); BOMFIM, 2002.

Figura 23 - Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos da área dos municípios da área dos municípios do CIMVALPI.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2007 – 1: 2. 500.000).

De acordo com as descrições de Bomfim (2002) sobre os domínios hidrogeológicos, as Formações Cenozóicas são definidas como porções de rochas sedimentares de origens e dimensões diversas, que revestem as rochas mais antigas. Em termos hidrogeológicos, tem um comportamento de aquífero poroso, caracterizado por possuir uma porosidade primária e nos terrenos arenosos uma elevada permeabilidade. Dentre os 12 (doze) subdomínios dessa formação, na área há aluviões, que são representados por areias, cascalhos e argilas. Já o subdomínio de Formações Cenozóicas Indiferenciadas é composto de arenito, laterita, pelito, aglomerado, areia, argila, conglomerado, diamictito, lamito, cascalho, entre outros, conforme pode ser observado na Figura 24.

O domínio hidrogeológico Poroso-Fissural é constituído por pacotes sedimentares sem metamorfismo ou com muito baixo grau metamórfico, segundo Bomfim (2002). No território analisado esse domínio é composto principalmente por quartzito, metaconglomerado e quartzo-mica xisto. Ainda segundo Bomfim (2002), os aquíferos dessa formação são do tipo “misto”, pois possuem litificação acentuada,

intensa compactação e fraturamento marcante, o que lhe confere o comportamento de aquífero granular com porosidade primária baixa/média e um comportamento fissural acentuado (porosidade secundária de fendas e fraturas).

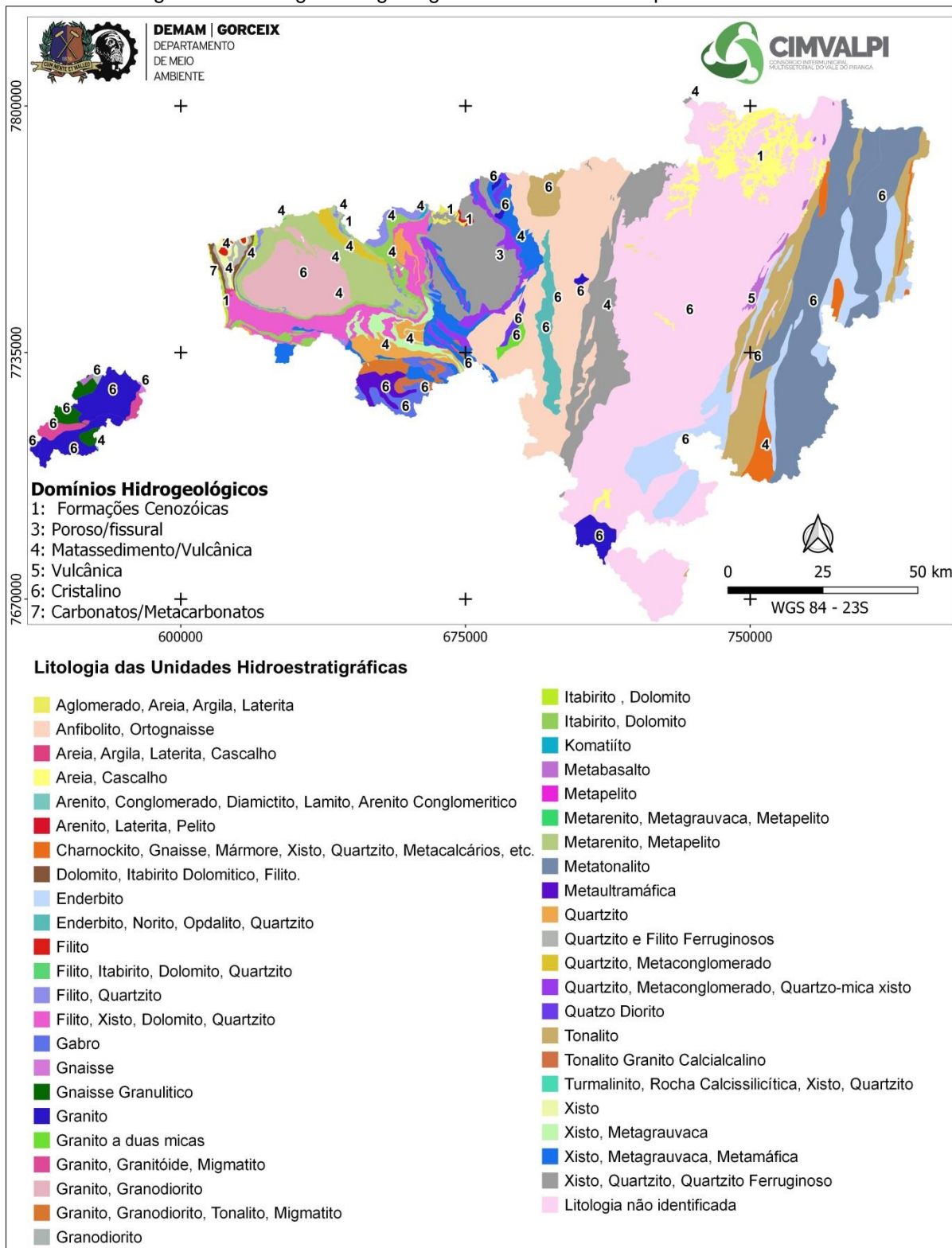
Os litotipos relacionados ao domínio de Metassedimentos/Metavulcânicas são diversos, dentre eles cita-se xistos, metagrauvaca, quartzitos, quartzitos ferruginosos, tonalitos, metamárficas, metaconglomerados, filitos, entre outras. Esses estão vinculados ao aquífero fissural, que normalmente é condicionado a porosidade secundária representada por fraturas e fendas. Segundo Bomfim (2002) os reservatórios formados são aleatórios, descontínuos e de pequena extensão, produzindo uma baixa vazão nos poços e na maioria dos casos, a água é salinizada.

Já o Domínio Vulcânico constitui aquíferos fissurais de porosidade secundária de fendas e fraturas, cuja ocorrência está relacionada à rocha metabasalto. Nesse domínio espera-se que o potencial hidrogeológico seja elevado por causa das características citadas (BOMFIM, 2002).

O Domínio Hidrogeológico Cristalino constitui-se basicamente de granito, tonalito, metatonalito, Granodiorito, Gnaiss, entre outras rochas. A ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, que se traduz em reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão (BOMFIM, 2002).

Por fim, o Domínio Carbonatos/Metacarbonatos que foram um sistema aquífero desenvolvido em terrenos com presença de Dolomito, Itabirito Dolomítico e Filito. De acordo com a Bomfim (2002), este domínio caracteriza-se pela contínua presença de formas de dissolução cárstica, formando cavernas e outras feições. Fraturas e outras superfícies de descontinuidade, alargadas por processos de dissolução pela água propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade secundária, que permitem a acumulação de água em volumes consideráveis, caracterizando um aquífero fissural.

Figura 24 - Litologia hidrogeológica da área dos municípios do CIMVALPI.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2007 – 1:2.500.000).

3.2. MEIO BIÓTICO

O Art. 6º da Resolução CONAMA nº 01/1986 caracteriza o meio biológico e os ecossistemas naturais, como sendo:

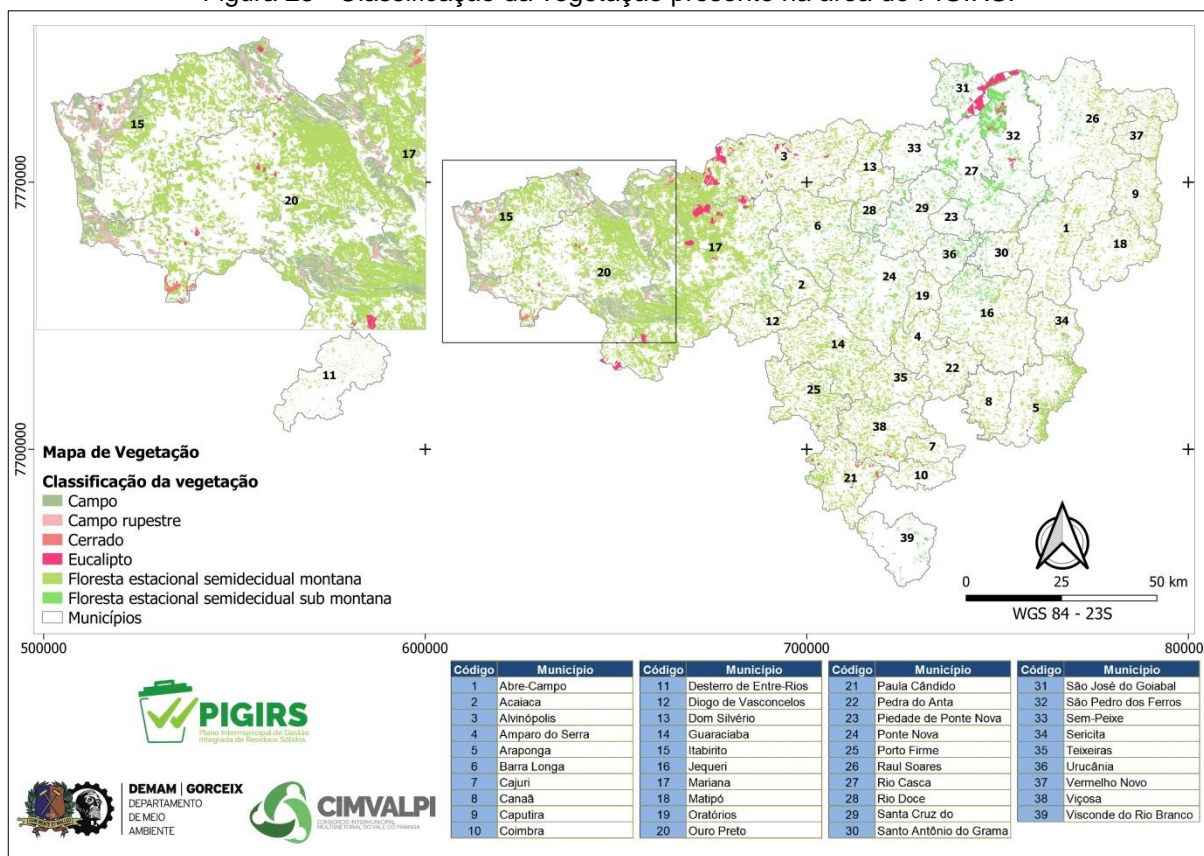
“(...) a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente (BRASIL, 1986)”.

Nesse contexto, a flora e a fauna serão abordadas numa perspectiva que objetiva identificar as características das fisionomias da vegetação e as são principais espécies de cada bioma presente na área do PIGIRS. Em suma, este levantamento busca evidenciar as características florestais e faunísticas, para que a seleção da área destinada a instalação de infraestruturas de tratamento e destinação de resíduos sólidos não contemple áreas de unidades de conservação, áreas de preservação permanente (APP), entre outras zonas de alta sensibilidade e importância ecológica, que possam vir a restringir ambientalmente tal locação.

3.2.1. Vegetação

Em termos de fitogeografia a área abrangida pelo PIGIRS está localizada em uma zona transição entre a Mata Atlântica e Cerrado, ambos os biomas considerados *hotspots* mundiais e áreas de conservação prioritárias, devido ao grande endemismo e riqueza de espécies de fauna e flora, além de possuírem nascentes de grandes bacias hidrográficas brasileiras (BARBOSA *et al.*, 2009; ICMBIO, 2018a). O inventário florestal da área, apresentado na Figura 26, foi realizado em 2009 pelo Instituto Estadual de Floresta (IEF) e SOS Mata Atlântica.

Figura 25 - Classificação da vegetação presente na área do PIGIRS.



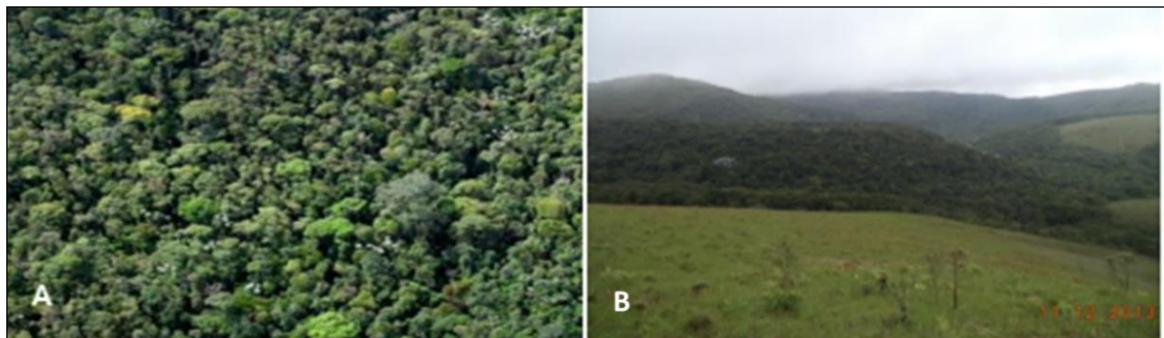
Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IEF, 2009.

O Bioma Mata Atlântica, de acordo com a Lei da Mata Atlântica (BRASIL, 2006) e com o Decreto Federal nº 6.660/2008 (BRASIL, 2008), possui diversas formações florestais e na área do PIGIRS há as formações Floresta Estacional Semidecidual (fasciação: de montana e sub-montana), campos de altitude e campos.

Assim, conforme o inventário florestal, a área abriga a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia) que abrange aproximadamente 23% da área. Condicionada pelo clima tropical e subtropical, a formação arbórea dessa fisionomia é constituída por fanerófitos, em que o conjunto de árvores caducifólias perde entre 20% a 50% das folhas, desconsiderando as espécies que perdem folhas individualmente (IBGE, 2012). Nas áreas tropicais essa floresta é composta por mesocaducifólias e nas subtropicais por macrofanerófitos (IBGE, 2012). Em termos de mapeamento, a floresta estacional semidecidual foi subdividida em formações conforme determinadas faixas altimétricas, das quais o tipo submontana e montana são encontrados no território em análise.

A Floresta Estacional Semidecidual de Montana está dispersa em todos os municípios de forma irregular e fragmentada, com exceção de Visconde do Rio Branco, Rio Casca, São Pedro dos Ferros e São José do Goiabal. Recobrando cerca de 20% do território, nota-se observando a Figura 26, que a região do Quadrilátero Ferrífero possui a maior cobertura territorial. Essa floresta é caracterizada pela presença de formações arbóreas de tamanho variado, que se apresenta mais densa no fundo de vales e nas matas de galerias, com dossel variando de uniforme a emergente. Na área de estudo essa vegetação está associada a relevos de domínio montanhoso, de colinas dissecadas e morros baixos, com altitude superior a 600 metros e onde predomina os cambissolos háplico Tb, latossolos vermelho-amarelo distróficos ou latossolos vermelhos, podendo ser ferríferos ou não. Na Figura 26 está representada a formação em questão presente em unidades de conservação localizadas no QF.

Figura 26 - Floresta Estacional Semidecidual Montana em unidades de conservação presentes na área do PIGIRS.



Fonte: (A) Floresta Estacional Semidecidual Montana no Parque Estadual do Itacolomi fotografada pela equipe de Ciências Naturais - DEGEO/UFOP (IEF, 2007b); (B) Floresta Estacional Semidecidual Montana no Parque Estadual Serra do Ouro Branco (IEF, 2017a).

A Floresta Estacional Semidecidual SubMontana recobre cerca de 3% da área de estudo. Essa formação está presente em Visconde do Rio Branco e na porção centro-norte, que se caracterizam por serem regiões de morros e serras baixas, onde a altitude é menor ou igual a 800 metros. A formação está majoritariamente inserida sobre ortognaisses bandados do Complexo Mantiqueira, onde encontram-se solos do tipo argissolos vermelho-amarelo e vermelho eutróficos, que são caracterizados como férteis de pouca ou nenhuma pedregosidade.

Os campos (savana gramíneo-lenhosa) representam aproximadamente 2% do território e localiza-se principalmente no QF. Esta fisionomia, quando natural, possui gramados com plantas lenhosas raquíticas, de composição florística

diversificada, sendo os ecótonos de plantas lenhosas mais representativos. Nos campos é comum encontrar espécies como: angelim-do-cerrado (*Andira humilis*), murici-rasteiro (*Byrsonina spp.*), unha-de-vaca (*Bauhinia spp.*), capim-do-cerrado (*Andropogon spp.*), grama-do-cerrado (*Axonopus spp.*), além de inúmeras nanofanerófitas raquíticas das famílias *Compositae*, *Myrtaceae*, *Melastomataceae* (IBGE, 2012). No geral essa fisionomia vegetal recobre áreas de domínio montanhoso e escarpado, com altitude superior a 800 metros, o que a caracteriza como campo de altitude (VASCONCELOS, 2014). A Figura 27 mostra o campo de altitude no afloramento do Morro do Cruzeiro, setor Sul, no Parque Estadual Serra do Brigadeiro, Minas Gerais.

Figura 27 - Exemplos de campos em unidades de conservação presentes na área do PIGIRS.

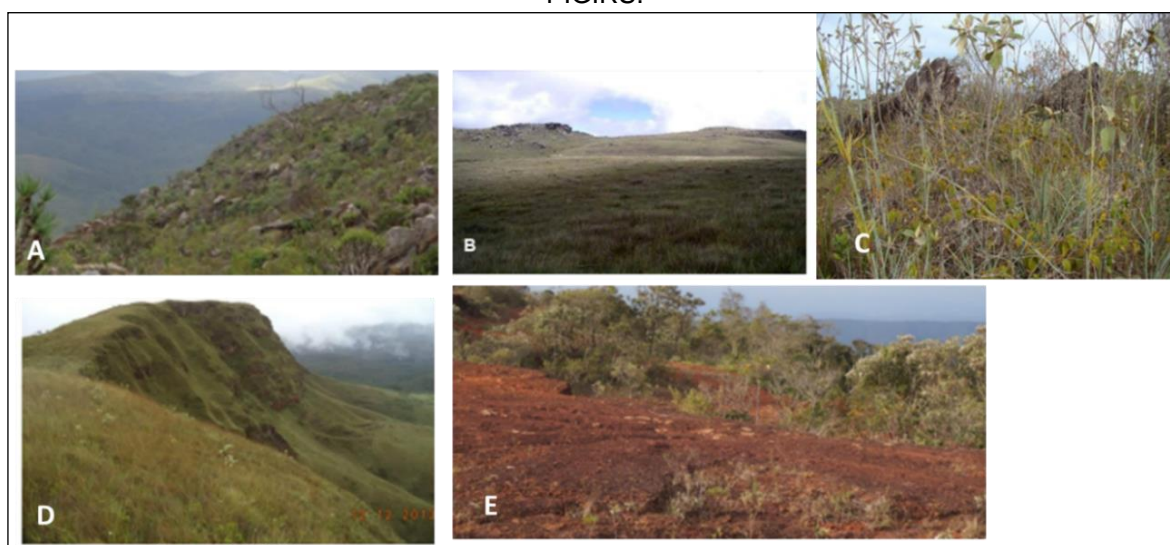


Fonte: IEF, 2007a.

O campo rupestre é um ecossistema do Cerrado que ocupa cerca de 1% da área inserida em canga, solos ácidos, pobres em nutrientes, oriundos de rochas ricas em ferro, sílica, manganês e bauxita. No QF está associado a rochas como o quartzito e o arenito, passando a ser denominados de campos rupestres quartzitos ou ferruginosos, que são encontrados, por exemplo, nas Unidades de Conservação (UCs) do Itacolomi e da Serra do Ouro Branco (JÚNIOR, 2018). Essa formação

vegetal apresenta um estrato mais ou menos contínuo de herbáceas em meio a afloramentos típicos desse ambiente. Há também algumas arvoretas, assim como plantas saprófitas, orquídeas, bromélias, entre outras espécies. Essa vegetação possui um altíssimo grau de endemismo de flora e fauna, que se destaca por apresentar uma série de adaptações às condições extremas de sobrevivência, algumas já mencionadas posteriormente (DRUMMOND *et al*, 2005; RIBEIRO e WALTER, [20-?]).

Figura 28 - Exemplos de campos rupestres em unidades de conservação presentes na área do PIGIRS.



Fonte: (A) Campo rupestre quartzítico no Parque Estadual Serra do Ouro Branco (IEF, 2017a); (B) Campo rupestre no Parque Estadual do Itacolomi fotografada por Rômulo Ribon (IEF, 2007b); (C) Campo rupestre quartzítico gramíneo com alguns subarbustos, principalmente das famílias Asteraceae e Melastomatacea e no Parque Natural Municipal das Andorinhas (Myr Projetos, 2017); (D) Campo rupestre ferruginoso no Parque Estadual Serra do Ouro Branco (IEF, 2017a); (E) Campo rupestre ferruginoso degradado no Parque Natural Municipal das Andorinhas (Myr Projetos, 2017).

O cerrado (savana) é um tipo de vegetação amplamente distribuído pelo território brasileiro e na presente área do PIGIRS contabilizada 0,04%, de acordo com os dados vetoriais do inventário. Essa vegetação é típica de clima estacional e situa-se entre a floresta e o campo, sendo caracterizada por ser xeromorfa, com plantas vasculares, árvores de tamanhos variados (máximo de 12 metros), com galhos e troncos tortuosos, casca grossa e folhas coriáceas. Essa formação, que possui muitas espécies endêmicas, apresenta uma grande variabilidade de fitofisionomias que foi classificada por José Felipe Ribeiro e Bruno Machado Teles Walter (1998) e adotada oficialmente pelo IBGE (IBGE, 2012) (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação do bioma Cerrado, segundo Ribeiro e Walter (1998).

Tipo de formação	Classes
Florestais	Mata Ciliar; Mata de Galerias; Mata Seca; Cerradão
Savânicas	Cerrado Sentido Restrito; Parque de Cerrado; Palmeiral; Vereda
Campestres	Campo Sujo; Campo Rupestre; Campo Limpo

Fonte: Adaptada de IBGE, 2012.

Figura 29 - Formações savânicas localizadas no município de Ouro Preto.



Fonte: IEF, 2017a.

As florestas de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) integram cerca de 1% da área, sendo que os maiores fragmentos são encontrados em Mariana, Alvinópolis, São Pedro dos Ferros e São José do Goiabal. O eucalipto é uma espécie invasora, nativa da Austrália e de ilhas adjacentes. É importante ressaltar que em entre 2006 e 2012, o Estado de Minas Gerais possuía a maior área plantada de eucalipto, com 1.438.971 hectares (143.89,71 km²), segundo os dados da ABRAF (2013). Quanto às Unidades de Conservação presentes na área, no plano de manejo do Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) (Figura 30) essa espécie é considerada exótica e invasora de grande expressividade e importância (IEF, 2007b).

Figura 30 - Eucaliptal no Parque Estadual do Itacolomi, unidades de conservação presentes na área do PIGIRS.



Fonte: Fotografada por Rômulo Ribon (IEF, 2007b).

Quanto às espécies presentes na área de estudo, buscou-se identificar as endêmicas e as ameaçadas de extinção categorizadas como Em Perigo (EN) e Criticamente em Perigo (CR), através de estudos científicos e dos planos de manejo das unidades de conservação. Nesse contexto, no Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) são encontradas nos ambientes florestais diversas espécies ameaçadas de extinção, como a Braúna (*Melanoxylon brauna*) e o Samambaiaçú (*Dicksonia sellowiana*). Dentre as plantas vasculares mais ameaçadas encontra-se a Arnica-da-Serra (*Lychnophora brunioides*) como Criticamente Ameaçada em Minas Gerais e a Pindaíba (*Guatteria odontopetala*), *Chamaecrista dentata*, *Mikania glauca*, *Eremanthus capitatus*, *Vernonia gnaphalioides* e *Fritzschia anisostemon*, listadas como Em Perigo para o estado de Minas Gerais (IEF, 2007b). O PEIT também possui espécies de flora endêmica, como: *Habenaria Itacolumia*, *Cybianthus Itacolomyensis*, *Microlicia Glazioviana*, *Chamaecrista dentata*, *C. hedysaroides*, *C. Mucronata*, *C. rotundata*, *Senna reniformis*, *Mimosa aurivillus var. aurivillus*, *anemia imbricata* e *A. ouropretana* (MMA, 2020a).

No Parque Estadual Serra do Ouro Branco (PESOB) há diversas espécies Criticamente em Perigo e em Perigo inseridas nas diversas. Por exemplo, há espécies restritas aos campos herbáceos em Minas Gerais, como a cambajuva

(*Apochloa euprepes* - Renvoize - Zuloaga & Morrone) e *Aulonemia effusa* (Hack. - McClure) (IEF, 2017a). Já a bromélia *Dycktia ourobrancoensis* é endêmica do paredão da Serra, ocorrendo no paredão entre 1.100 e 1.500 metros de altitude (IEF, 2017a).

No Parque Natural Municipal das Andorinhas (PNMA), de acordo como plano de manejo há diversas espécies Em Perigo de extinção, dentre elas cita-se: *Ditassa longisepala* (Hua) Fontella & E.A.Schwarz, *Baccharis lychnophora* Gardner; *Dyckia rariflora* Schult. & Schult.f., *Comanthera elegans* (Bong.) L.R.Parra & Giul., *Ocotea tabacifolia* (Meisn.) Rohwer, *Eriocnema acaulis* (Cham.) Triana, *Cedrela fissilis* Vell, *Myrceugenia bracteosa* (DC.) D.Legrand & Kausel e a *Psychotria paludosa* Müll.Arg (Myr Projetos, 2017).

No Parque Estadual Serra do Brigadeiro (PESB), de acordo com IEF (2007a) foram encontradas 13 espécies em extinção que são: *Agonandra brasiliensis* (Opiliaceae), *Aspidosperma polyneuron* (Apocynaceae), *Guatteria sellowiana*, *Guatteria villosissima*, *Meliosma itatiae* (Sabiaceae), *Rollinia laurifolia* (Annonaceae), *Eremanthus erythropappus* e *Vernonia diffusa* (Asteraceae), *Tovomitopsis saldanhae* (Guttiferae), *Ocotea odorifera* (Lauraceae), *Melanoxylum braúna* (Leguminosae), *Tapirira marchandii* (Anacardiaceae) e *Trichilia emarginata* (Meliaceae).

Assim como as unidades listadas anteriormente no Parque Nacional Serra do Gandarela (PNSG) resguarda uma riqueza e biodiversidade, na qual, espécies ameaçadas de extinção com a peroba (*Aspidosperma sp.*), canela-de-ema (*Vellozia sp.*) e o jacarandá (*Machaerium sp.*) podem ser encontradas (LAMOUNIER *et al.*, 2011).

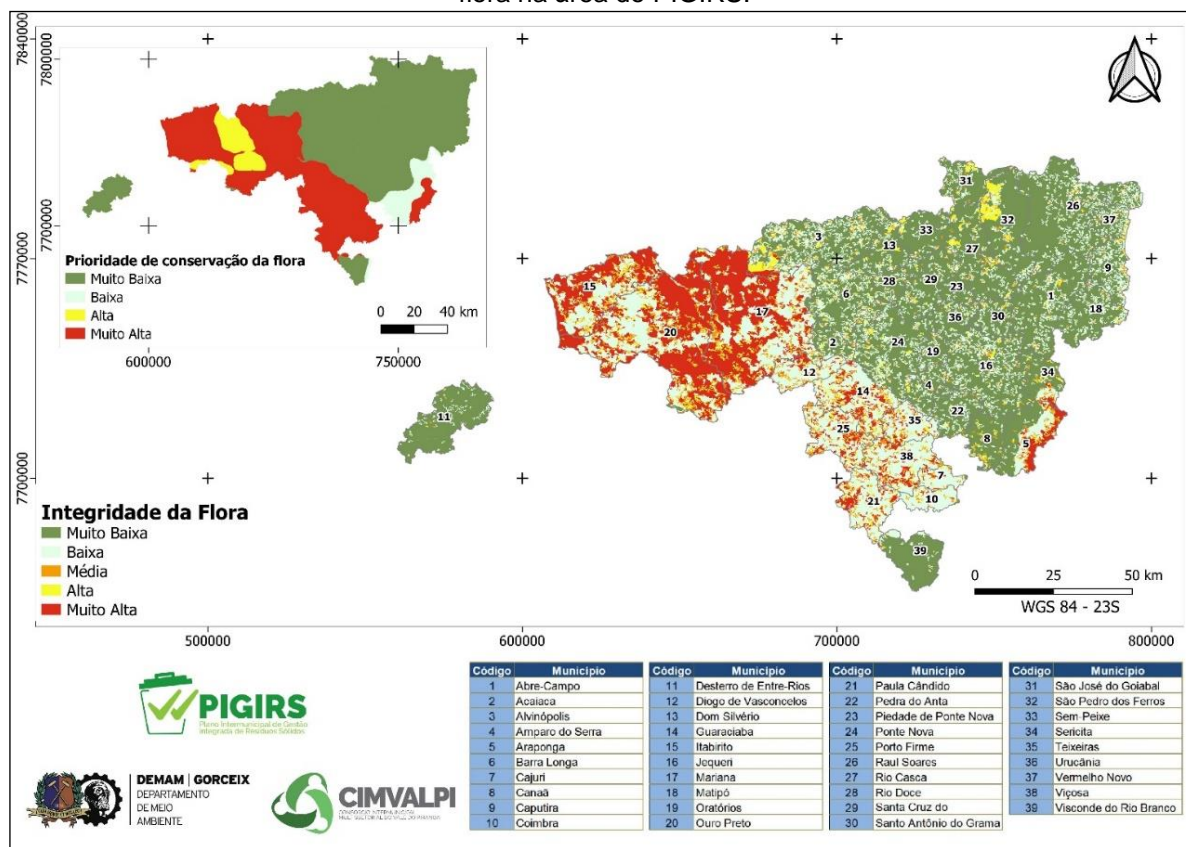
Em suma, ao analisar os dados disponíveis sobre a flora em Minas Gerais e na área do PIGIRS, conclui-se que o QF se destaca na biodiversidade, o que justifica o número e a importância das unidades de conservação criadas na região. Essa importância florística é confirmada a partir do estudo da integridade da flora, que é um dos critérios da análise da vulnerabilidade ambiental definida estabelecida no Zoneamento Econômico Ecológico de Minas Gerais (Myr Projetos, 2017).

O Quadrilátero Ferrífero, representado pelos municípios consorciados de Itabirito, Mariana e Ouro Preto, e Araponga, onde encontra-se o Parque Estadual Serra do Brigadeiro, estão inseridos em uma zona em que a integridade da fauna é categorizada como Muito Alta, devido à ocorrência de espécies restritas à área, em

extinção e endêmicas em Minas Gerais ou do Bioma de Mata Atlântica, como a já citada bromélia *Dycktia ourobrancoensis*. Essas características enquadram tais áreas na categoria Muito alta prioridade de conservação da flora.

As áreas cuja flora é de Muito baixa integridade, que, por conseguinte é de Muito baixa prioridade de conservação da florística, ocupa a maior parte da área do projeto, como pode ser observado na Figura 31.

Figura 31 - Mapa da integridade da flora com indicação das zonas de prioridade de conservação da flora na área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IEF.

3.2.2. Unidades de Conservação (UC)

O conhecimento da localização das unidades de conservação (UC) é de suma importância na avaliação de áreas aptas a instalação de empreendimentos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, pois essas são consideradas áreas de uso restrito. Nesse sentido, foi realizado o levantamento das unidades de conservação municipais, estaduais e federais presentes na área de estudo, cuja criação se deu com a concepção do Sistema Nacional de Unidades de Conservação

da Natureza (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000). Esta Lei definiu unidade de conservação como:

(...) “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000)”.

Conforme o SNUC (BRASIL, 2000), as UC podem ser de uso sustentável e de proteção integral. As de uso sustentável têm o objetivo de conciliar o uso sustentável de parte de seus recursos naturais com a conservação da natureza. Já as unidades de proteção integral visam a preservação da natureza, restringindo o uso dos recursos naturais apenas de forma indireta, com exceção de casos previstos no SNUC. As áreas de proteção especial (APE) foram instituídas a partir da Lei de Parcelamento do Solo Urbano (Lei Federal 6.766 de 19 de dezembro de 1979, art. 13 e 14), que atribui aos Estados a disciplinarização da aprovação municipal de loteamentos em terrenos considerados de interesse especial, entre eles os destinados à proteção de mananciais, do patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico, assim definidos por legislação estadual ou federal (BRASIL, 1979).

Assim sendo, conforme os levantamentos realizados na plataforma IDE-SISEMA do estado de Minas Gerais, no banco de dados do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC, 2020) e do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF, 2019), a área em estudo integra 50 unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável, que estão localizadas nos biomas Mata Atlântica e Cerrado.

As unidades de conservação existentes na área configuram-se como áreas e extrema importância para a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos, uma vez que estão localizadas em biomas e região geográfica de grande riqueza e endemismo (ICMBIO, 2018a). A Tabela 5 apresenta o número de unidades condicionadas à categorização dos grupos disposta no SNUC.

Tabela 5 - Quantificação das unidades de conservação presentes na área do PIGIRS.

Grupo	Categorias do grupo	Quantidade de unidades	Área (km²)
Proteção Integral	Estação Ecológica	02	15,58
	Parque	10	606,88
	Monumento Natural	04	56,18
Total		16	678,64

Grupo	Categorias do grupo	Quantidade de unidades	Área (km ²)
Uso sustentável	Área de Proteção Ambiental	19	3202,25
	Área de Proteção Especial	01	2439,88
	Floresta	01	44,43
	Reserva Particular do Patrimônio Natural	13	12,58
Total		34	5699,14

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IEF, 2002.

Da Tabela 6 a

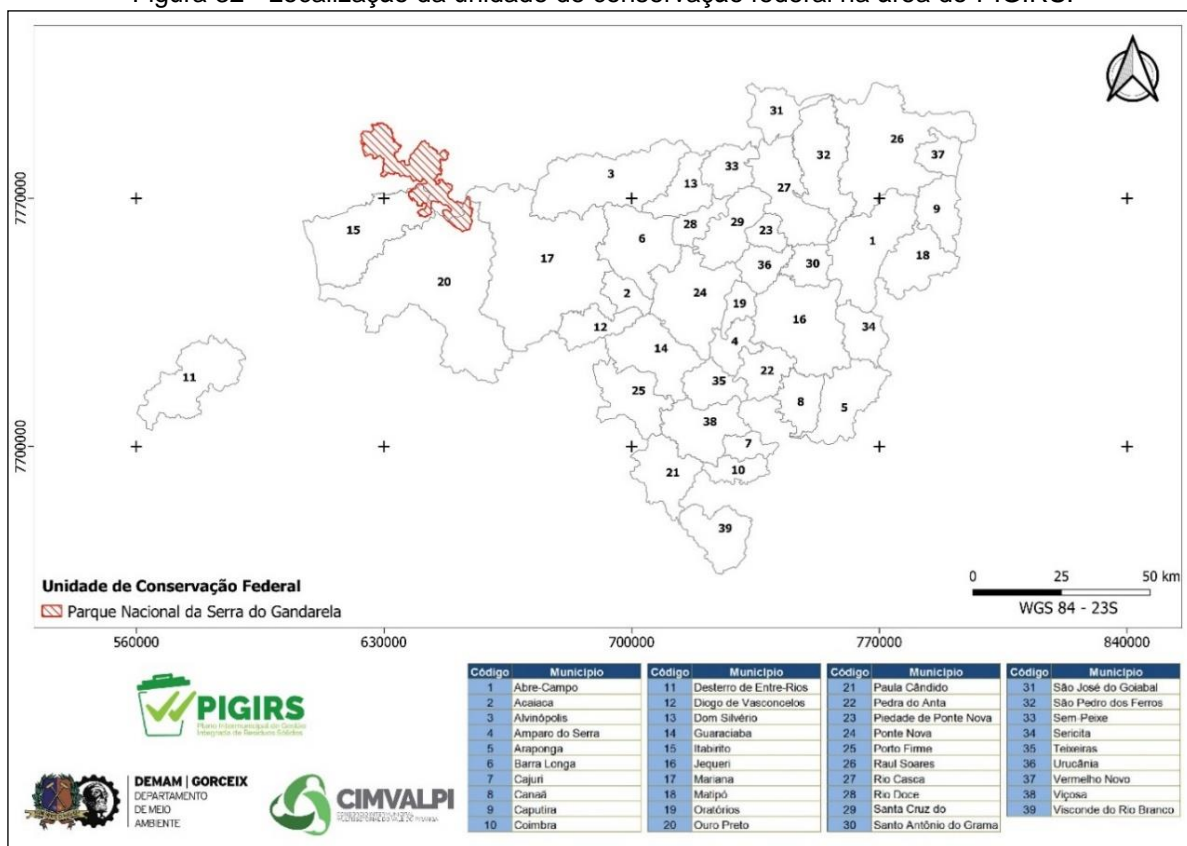
Tabela 8 há informações das UC, segundo a esfera de criação, inseridas nos municípios membros do projeto PIGIRS/CIMVALPI e a localização espacial pode ser observada nos mapas da Figura 32 a Figura 34.

Tabela 6 - Unidade de conservação federal presente na área do PIGIRS.

Identificação da UC	Grupo	Municípios PIGIRS/CIMVALPI	Área (km ²)
Parque Nacional da Serra do Gandarela	Proteção integral	Mariana/ Ouro Preto/ Itabirito	312,71

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IEF, 2002.

Figura 32 - Localização da unidade de conservação federal na área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IEF, 2002.

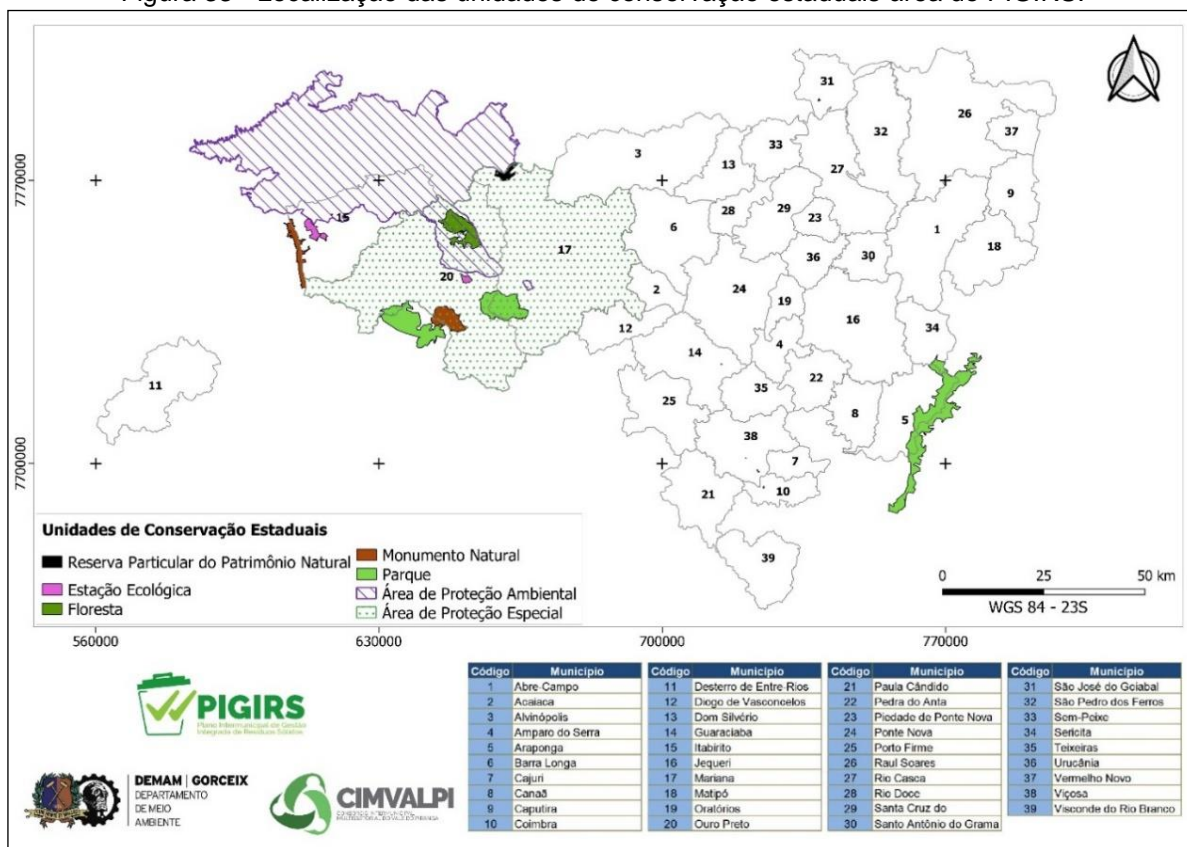
Tabela 7 - Unidades de conservação estaduais presentes na área do PIGIRS

Identificação da UC	Grupo	Municípios PIGIRS/CIMVALPI	Área (km ²)
APAE Cachoeira das Andorinhas	US	Ouro Preto	187,05
APAE Seminário Menor de Mariana	US	Mariana	3,52
APAE Sul-RMBH	US	Itabirito	1644,31
APEE Estadual Ouro Preto/Mariana	US	Ouro Preto/Mariana	2439,88
ESEC Estadual de Arêdes	PI	Itabirito	11,87
ESEC Estadual do Tripuí	PI	Ouro Preto	3,71
FLOE Estadual do Uaimii	US	Ouro Preto	44,43
MONA Estadual da Serra da Moeda	PI	Itabirito	23,74
MONA Estadual de Itatiaia	PI	Ouro Preto	32,17
MONA Estadual do Pico do Itabirito	PI	Itabirito	0,07
PAR Estadual da Serra do Brigadeiro	PI	Araçuaia/ Sericita/ Matipó	149,7
PAR Estadual do Itacolomi	PI	Mariana/ Ouro Preto	59,96
PAR Estadual Serra do Ouro Branco	PI	Ouro Preto	75,23
RPPN Barra do Bacalhau	US	Guaraciaba	0,04
RPPN Cachoeira das Pedras	US	Santo Antônio do Gramma	0,08
RPPN Ecolife	US	Viçosa	0,01
RPPN Fazenda Córrego Acima	US	Ouro Preto	0,28
RPPN Fazenda Nascer	US	Ouro Preto	0,6
RPPN Horto Alegria	US	Mariana	10,65
RPPN José Luiz Magalhaes Netto	US	São José do Goiabal	0,17
RPPN Quinta dos Cedros	US	Ouro Preto	0,05
RPPN Rubens Rezende Fontes	US	Viçosa	0,1
RPPN Sítio Mata da Cruz	US	Ouro Preto	0,12
RPPN Vale das Borboletas	US	Ouro Preto	0,11
RPPN Vale Verde	US	Ouro Preto	0,26
RPPN Vida Verde	US	Coimbra	0,11

Nota: APAE: Área de Proteção Ambiental Estadual; APEE: Área de Proteção Especial Estadual; MONA: Monumento Natural; ESEC: Estação Ecológica; PAR: Parque; FLOE: Floresta; RPPN: Reserva Particular do Patrimônio Natural; PI: proteção integral; US: Uso Sustentável.

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IEF, 2002.

Figura 33 - Localização das unidades de conservação estaduais área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IEF, 2002.

Tabela 8 - Unidades de conservação municipais presentes na área do PIGIRS.

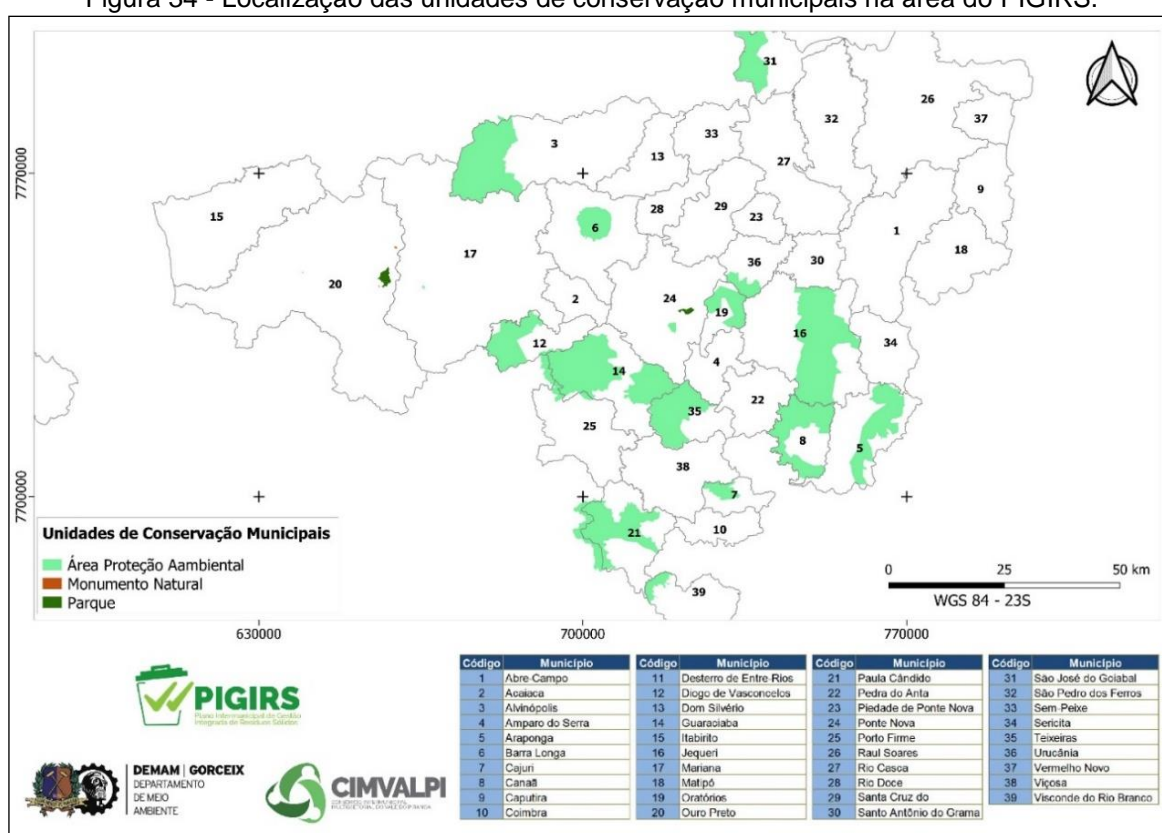
Identificação da UC	Grupo	Municípios PIGIRS/CIMVALPI	Área (km ²)
APA Reserva Ecológica Vau-Açu	US	Ponte Nova	3,03
APAM Araponga	US	Araponga	96,85
APAM Barra Longa	US	Barra Longa	42,51
APAM Brauna	US	Paula Cândido/ Viçosa	135,42
APAM Brecha	US	Guaraciaba	64,35
APAM Canaã	US	Canaã	109,51
APAM Carvão de Pedra	US	Alvinópolis	178,86
APAM Gualaxo do Sul	US	Diogo de Vasconcelos	77,25
APAM Jequeri	US	Jequeri	224,11
APAM Matinha	US	Guaraciaba	166,63
APAM Nascentes do Ribeirão Sacramento	US	São José do Goiabal	66,82
APAM Nô da Silva	US	Cajuri	19,9
APAM Oratórios	US	Oratórios	44,04
APAM Serra da Piedade	US	Visconde do Rio Branco	15,82
APAM Teixeira	US	Teixeiras	101,42
APAM Urucum	US	Urucânia	21,11
MONA Municipal Gruta Nossa Senhora da Lapa	PI	Ouro Preto	0,2
PAR Natural Municipal da Estância Ecológica do Cruzeiro	US	Mariana	0,28

Identificação da UC	Grupo	Municípios PIGIRS/CIMVALPI	Área (km ²)
PAR Natural Municipal Arqueológico do Morro da Queimada*	PI	Ouro Preto	0,67
PAR Natural Municipal Cachoeira das Andorinhas	PI	Ouro Preto	5,6
PAR Natural Municipal de Cachoeira do Campo	PI	Ouro Preto	0,04
PAR Natural Municipal do Horto dos Contos	PI	Ouro Preto	0,06
PAR Natural Municipal Tancredo Neves - Passa Cinco	PI	Ponte Nova	2,56

Nota: (*) Unidade de Conservação em processo de mudança de categoria, no período da execução do diagnóstico ambiental. APA: Área de Proteção Ambiental; APAM: Área de Proteção Ambiental Municipal; MONA: Monumento Natural; PAR: Parque; PI: Proteção Integral; US: Uso Sustentável.

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IEF, 2002.

Figura 34 - Localização das unidades de conservação municipais na área do PIGIRS.

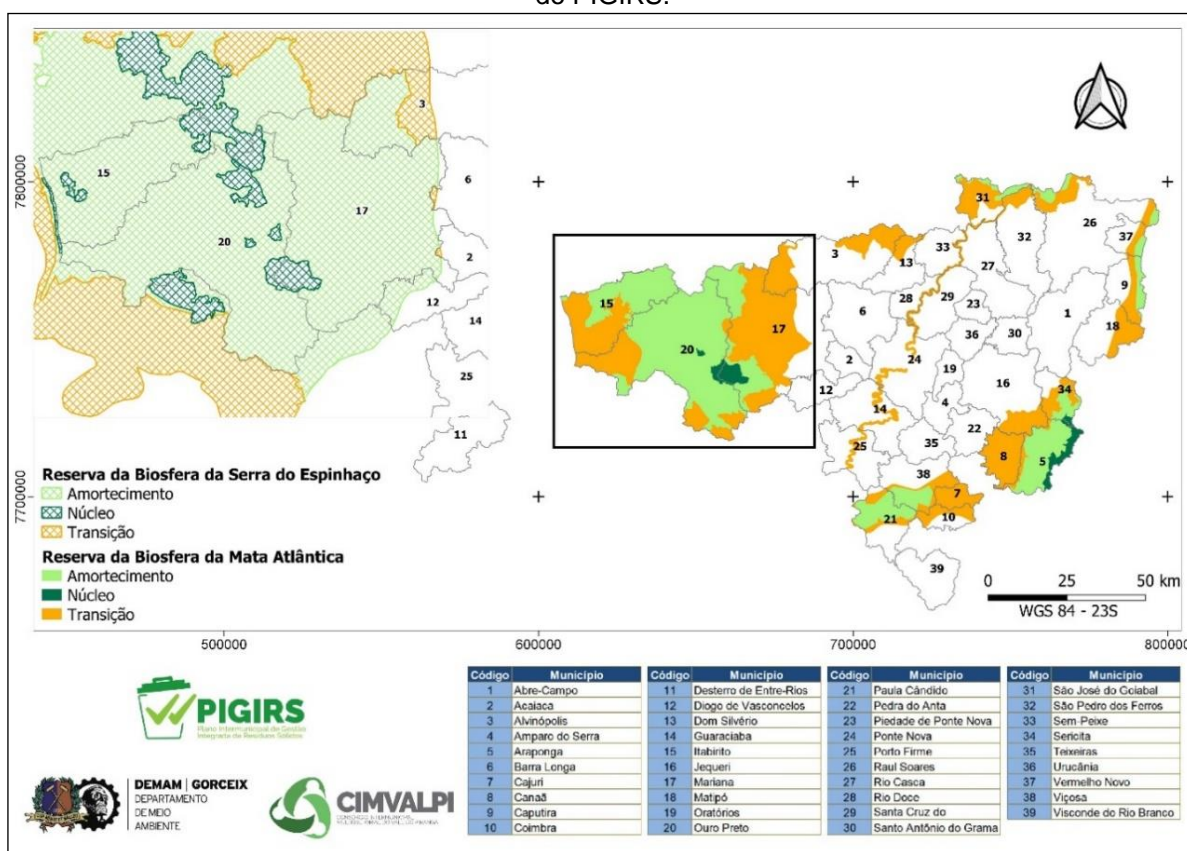


Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IEF, 2002.

Reserva da Biosfera é um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada participativa e sustentável dos recursos naturais (MMA, 2016). As UC presentes nos municípios de Itabirito, Ouro Preto, Mariana e Diogo de Vasconcelos estão inseridas na Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço - RBSE (Figura 35), que abriga a maior parte dos campos rupestres, nascentes das principais bacias hidrográficas brasileiras e possuem alto grau de endemismo da sua flora e fauna e (DRUMMOND *et al*, 2005). Ademais, a área do PIGIRS também abrange a Reserva

da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA), que visa a conservação e a recuperação de corredores ecológicos e a promoção do seu uso sustentável (MMA, 2016). O zoneamento da RBMA e da RBSE (Figura 35) é categorizado em Áreas Núcleo, de Amortecimento e de Transição (MMA, 2016). A Área Núcleo da RBMA é composta pelas unidades e conservação de proteção integral e a da RBSE pelas de proteção integral e de uso sustentável.

Figura 35 - Localização das reservas da biosfera da Mata Atlântica e da Serra do Espinhaço na área do PIGIRS.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA.

Em suma, a região em estudo abriga diversas unidades de conservação, o que a torna uma zona de significativa importância biológica frente a pressão antrópica, gerada por atividades como as culturas/monoculturas agrícolas e florestais, mineração, bem como a pressão dos centros urbanos.

3.2.3. Fauna

Minas Gerais abriga três dos biomas brasileiros, a Mata Atlântica, o Cerrado e a Caatinga, que formam uma grande diversidade de paisagens que possuem uma riqueza em espécies de fauna. Áreas de Mata Atlântica e o Cerrado são áreas

prioritárias para conservação, pois são considerados *hotspots*, devido à grande riqueza e endemismo (ICMBIO, 2018a). Para a proteção da fauna leis federais e estaduais foram criadas, dentre elas destaca-se:

- Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, art. 225;
- Política Nacional do Meio Ambiente - Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981;
- Código Florestal – Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012;
- Lei Federal nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967: Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências;
- Código Florestal de Minas Gerais - Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013;
- Decreto nº 47.749, de 11 de novembro de 2019 – refere-se às intervenções sobre a cobertura vegetal nativa ou sobre área de uso restrito, denominadas intervenções ambientais (IA);
- Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013: Dispõe sobre a política florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.

Além dessas leis, há a avaliação do estado de conservação e risco de extinção da fauna brasileira, cuja última edição, até o presente momento de execução desse diagnóstico, foi publicada no ano de 2018 e as portarias do Ministério Meio Ambiente nºs 444 e 445, de 17 de dezembro de 2014. No âmbito estadual, a Deliberação Normativa COPAM nº 147, de 30 de abril de 2010, aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do estado de Minas Gerais.

A Lista vermelha da fauna ameaçada de extinção do Estado de Minas Gerais, revisada entre 2006 e 2007, avaliou-se 2.323 espécies de fauna. A Tabela 9 apresenta a quantidade de espécies por categoria de extinção. Deve-se salientar, que no Estado, assim como observado em todo o país, a quantidade de dados disponíveis para a avaliação das espécies ainda é insuficiente.

Tabela 9 - Síntese dos resultados da avaliação da fauna de Minas Gerais quanto ao seu estado de conservação.

Categoria	Nº de espécies	% ⁽¹⁾
Extinta (EX)	00	0
Regionalmente Extinta (RE)	01	0,05
Extinta naturalmente (EW)	00	0
Ameaçada	273	12,39
Quase ameaçada (NT)	29	1,32
Dados deficientes (DD)	868	39,38
Não ameaçada (LC)	1033	46,87
Não avaliada (NE) + Não aplicável (NA)	119	-
Total	2.323	100

(1) Sem considerar as espécies não avaliadas e não aplicáveis.

Fonte: BIODIVERSITAS, 2008.

A Tabela 10 apresenta a categoria de ameaça da União Internacional para da Conservação da Natureza (IUCN) de 2001. Através dessa tabela percebe-se que há a necessidade do estabelecimento de medidas de conservação das espécies, em especial as consideradas “ criticamente em perigo ”.

Tabela 10 - Quantificação das espécies ameaçadas de extinção em Minas Gerais, segundo as categorias de ameaça de IUCN (2001).

Categoria de ameaça	Nº de espécies	%
Criticamente em perigo	107	39,19
Em perigo	85	31,14
Vulnerável	81	29,67
Total	2.323	100

Fonte: BIODIVERSITAS, 2008.

A Tabela 11 mostra a distribuição de espécies ameaçadas segundo os biomas presentes no estado de Minas Gerais. Nota-se que a Mata Atlântica, o segundo maior bioma em Minas Gerais, detêm a maior quantidade de espécies ameaçadas, cerca de 51%, seguido do Cerrado com aproximadamente 24%. Cerca de 11% das espécies ocorrem nos dois biomas (BIODIVERSITAS, 2008).

Tabela 11 - Distribuição das espécies de fauna ameaçadas segundo os biomas de Minas Gerais.

Bioma	Nº de espécies	%
Mata Atlântica	138	50,55
Cerrado	66	24,18
Caatinga	10	3,66
Mata Atlântica; Cerrado	30	10,99
Mata Atlântica; Caatinga	01	0,37
Cerrado; Caatinga	07	2,56
Mata Atlântica; Cerrado; Caatinga	21	7,69
Total	273	100

Fonte: BIODIVERSITAS, 2008.

A Zona de Conservação Ambiental do território dos municípios consorciados corresponde às áreas das unidades de conservação. A descrição da fauna presente se baseará em dados secundários, contidos principalmente nos planos de manejo. Nesse contexto, o estudo da fauna engloba o levantamento de mamíferos (mastofauna), aves (avifauna), herpetofauna (anfíbios, répteis), peixes e invertebrados endêmicos dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, bem como as espécies categorizadas Em perigo (EM) e Criticamente em Perigo (CR), conforme a

lista de vermelha da fauna ameaçada de extinção do estado de Minas Gerais (BIODIVERSITAS, 2008) e do Brasil (revisão publicada em 2018).

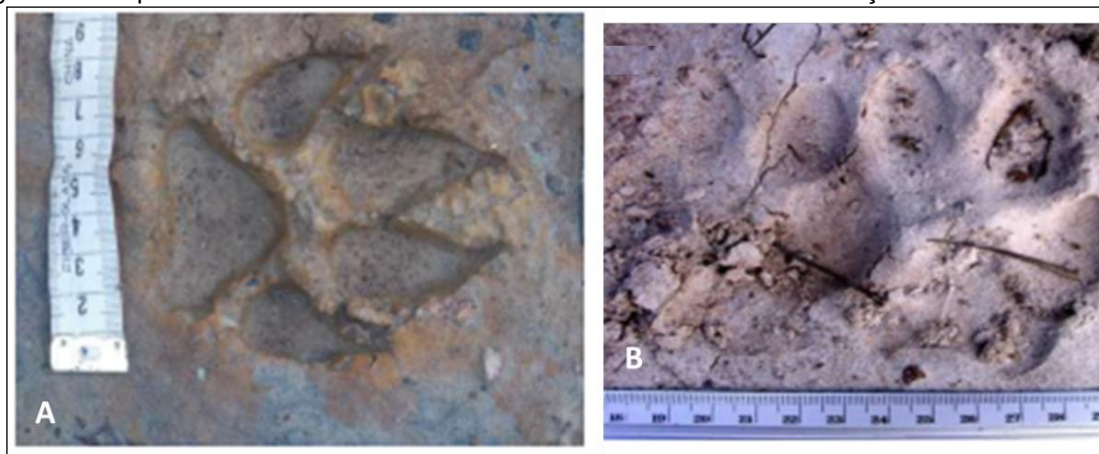
Mamíferos (mastofauna)

O Brasil possui uma das maiores riquezas de mamíferos do mundo, com mais de 700 espécies reconhecidas (ICMBIO, 2018a). No Estado de Minas Gerais, conforme o último levantamento de espécies ameaçadas de extinção 7 estão Criticamente em Perigo (CR) e 21 Em perigo (EM), sendo que a ariranha (*Pteronura brasiliensis*) foi classificada como Regionalmente Extinta (BIODIVERSITAS, 2008).

Dessas espécies de mamíferos, não voadores, no Parque Estadual do Itacolomi (PEIT) foram registradas sete espécies endêmicas da Mata Atlântica, que são: gambá (*Didelphis aurita*), cuíca-de-quatro-olhos (*Philander frenata*), cuíca-de-três-listas (*Monodelphis americana*), *Marmosops incanus*, *Thaptomys nigrita*, *Sphiggurus villosus* e macaco-sauá ou guigó (*Callicebus nigrifrons*) (MMA, 2020a; IEF, 2007b). O guigó também foi encontrado no Parque Natural Municipal das Andorinhas (PNMA) (Mry Projetos, 2016).

Ao analisar os planos de manejo, percebe-se que o lobo-guará e a suçuarana são comuns nas unidades de conservação do Quadrilátero Ferrífero. A Figura 36 mostra o registro de pegadas de suçuarana e do lobo-guará registrados durante os trabalhos de campo para execução dos planos de manejo de parques da área do PIGIRS.

Figura 36 - Espécies de mamíferos não voadores em unidades de conservação da área do PIGIRS.



Fonte: (A) Pegada de Lobo Guará (*Chrysocyon brachyurus*) no Parque Estadual Serra do Ouro Branco (IEF, 2017a); (B) Pegada de suçuarana (*Puma concolor*) no Parque Estadual do Itacolomi (IEF, 2007b)

No Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) a ocorrência do muiqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus* - Kuhl, 1820), considerado o maior primata do continente americano e o maior mamífero restrito ao território brasileiro e uma espécie endêmica da Mata Atlântica (IEF, 2007a)

Figura 37 - Exemplar de muiqui *Brachyteles hypoxanthus* fotografado no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro-MG.



Fonte: IEF, 2007a.

Já na Quadro 4 constam as principais espécies em extinção categorizadas exclusivamente como Criticamente em Perigo (CR) e Em perigo (EN), levantadas em Planos e Manejo e/ou Relatórios Parametrizados do MMA, cuja classificação foi atualizada conforme a última versão das listas de espécies ameaçadas do estado e do Brasil.

Quadro 4 - Lista das principais espécies de mamíferos ameaçados presentes nas unidades de conservação da área do PIGIRS

Nomenclatura		Estado de conservação	Parques (Municipal, Estadual e Nacional)					Área de Proteção Ambiental Municipal			MONA	
Científica	Popular		PEIT	PNMA	PESOB	PNSG	PNMTN	Cachoeira do Campo	Jequeri	Canaã	Itatiaia	Tripuí
<i>Cebus nigritus</i> (Goldfuss, 1809) ou (ou <i>Sapajus robustus</i> - Kuhl, 1820)	Macaco-prego	EN ⁽¹⁾ /-	X									
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Onça-parda, suçuarana	VU ⁽¹⁾ /CR ⁽²⁾	X	X	X	X					X	
<i>Leopardus tigrinus</i> (Schreber, 1775)	Gato-do-mato	VU ⁽¹⁾ /EN ⁽²⁾		X	X		X			X	X	
<i>Brachyteles hypoxanthus</i> (Kuhl, 1820)	Muriqui-do-norte	CR ⁽¹⁾ /-	X	X								
<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	Lobo-guará	VU ⁽¹⁾⁽²⁾		X	X	X		X		X	X	X
<i>Myrmecophaga tridactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-bandeira	VU ⁽¹⁾ /EN ⁽²⁾		X	X						X	
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Jaguaririca	LC ⁽¹⁾ /CR ⁽²⁾		X	X	X	X		X	X	X	
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim	EN ⁽²⁾		X	X	X					X	
<i>Chironectes minimus</i> (Zimmermann, 1780)	Cuíca d'água	LC ⁽¹⁾ /EN ⁽²⁾								X		

⁽¹⁾ Lista Nacional de espécies ameaçadas do Brasil; ⁽²⁾ Lista Estadual de espécies ameaçadas do Estado de Minas Gerais; PEIT: Parque Estadual do Itacolomi; PNMA: Parque Natural Municipal das Andorinhas; PESOB: Parque Estadual Serra do Ouro Branco; PNSG: Parque Nacional Serra do Gandarela; PNMTN: Parque Natural Municipal Tancredo Neves – Passa Cinco; MONA: Monumento Natural.

Fonte: SECMATEJ, [20-2]; FEAM, 1995; IEF, 2007a; IEF 2007b; ; SMOP, 2010; LAMOUNIER *et al.*, 2011; SMOP, 2011; IEF, 2017a; IEF, 2017b; Myr Projetos, 2017; FOCUS GESTÃO AMBIENTAL, 2018; BIODIVERSITAS, 2018; ICMBIO, 2018b; MMA, 2020b.

Avifauna

As aves são o segundo grupo de vertebrados mais diversos no Brasil, perdendo apenas para o de peixes, com um total de 1.903 espécies reconhecidas

até 2014 (ICMBIO, 2018c). Analisando os planos de manejo de algumas unidades de conservação, observou-se que a região do Quadrilátero Ferrífero possui um elevado número de espécies endêmicas da Mata Atlântica e restritas aos topos de montanha do leste brasileiro, cuja vegetação é categorizada como campos de altitude, localizados à altitudes superiores a 800 metros. Muitas dessas espécies são endêmicas e encontram-se ameaçadas de extinção em termos globais, nacional e/ou estadual, como por exemplo o muquinho-da-várzea (*Scytalopus iraiensis*). Essa espécie de ave é endêmica da Mata Atlântica, categorizada como Em Perigo, no âmbito global e nacional e estadual e foi identificada na UC PNMA, PEIT e PNSG (BIODIVERSITAS, 2006; IEF, 2007b; *BirdLife International*, 2016; Mry, Projetos, 2017; ICMBIO, 2018c; MMA, 2020b).

Segundo o Plano de Manejo do PNMA (Mry, Projetos, 2017), na área do parque e em seu entorno foram registradas 238 espécies de aves, sendo que 51 (aproximadamente 22%) são endêmicas do Mata Atlântica. Dentre essas espécies cita-se: beija-flor-rubi (*Heliodoxa rubricauda*), beija-flor-defronte-violeta (*Thalurania glaucopis*), picapauzinho-de-testa-pintada (*Veniliornis maculifrons*), entre outras. Há também 2 endêmicas do Cerrado, denominados de: tapaculo-de-colarinho (*Melanopareia torquata*), gralha-do-campo (*Cyanocorax cristatellus*) e 3 restritas aos topos de montanha do leste brasileiro - beija-flor-de-gravata verde (*Augastes scutatus*), papa-moscas-decostas-cinzentas (*Polystictus superciliaris*), rabo-mole-da-serra (*Embernagra longicauda*).

De acordo com o Relatório Parametrizado do MMA (MMA, 2020b), dentre as mais de 70 espécies de aves registradas no PNSG há ocorrência de 3 restritas aos topos de montanha do leste brasileiro, além do Tico-tico-de-máscara-negra (*Coryphaspiza melanotis* - Temminck, 1822), espécie categorizada como Em Perigo (EN) na lista nacional (ICMBIO, 2018c), que também foi registrada no PESOB.

Figura 38 - Exemplar de aves fotografadas no Parque Natural Municipal das Andorinhas.



Fonte: Mry, Projetos, 2017.

No PEIT, segundo (IEF, 2007b), encontra-se o pato-mergulhão (*Mergus octosetaceus* - Vieillot, 1817) listado como Criticamente em Perigo de extinção no Brasil (ICMBIO, 2018c), em Minas Gerais (BIODIVERSITAS, 2006) e no mundo (*BirdLife International*. 2019). Durante a amostragem realizada para a execução do PESOB, foram registradas sete espécies endêmicas da Mata Atlântica, duas espécies endêmicas dos topos de morro do leste do Brasil e o beija-flor-de-gravata-verde (*Augastes scutatus*). Esse beija-flor supracitado distribui-se de forma restrita e continua, sendo considerado endêmico dos topos de morro da Cadeia do Espinhaço (IEF, 2007b). Ainda na região de Ouro Preto, na ESEC do Tripuí há espécies como *Peripatus acacioi* (Marcus & Marcus, 1953) categorizada como Em Perigo na lista de espécies ameaçadas do estado (FEAM, 1995; BIODIVERSITAS, 2006).

Na análise dos planos de manejo de algumas unidades de conservação observa-se que o QF também apresenta abundância de espécies, sendo muitas consideradas raras devido à especificidade de habitats. Por exemplo, no PESB

abriga o sanhaço-frade (*Stephanophorus diadematus*). Outra informação importante diz respeito à situação de conservação crítica à qual a região se encontra, o que acarretou (e acarreta) na extinção de diversas espécies, inclusiva as raras (IEF, 2007a). No PESB e na APAM Canaã já foi encontrado o Macuco (*Tinamus solitarius* - Vieillot, 1819), 1 espécie Criticamente em Perigo em Minas Gerais (BIODIVERSITAS, 2006), que segundo dados do IEF (2007a) foi extinto na região de Viçosa. Na APAM Vau Açu, em Ponte Nova, dentre as espécies ameaçadas em extinção destaca-se o Papagaio-de-peito-roxo (*Amazona vinacea* - Kuhl, 1820), categorizado no mundo e Minas Gerais como Em Perigo (BIODIVERSITAS, 2006; *BirdLife International*, 2017) e, no Brasil como Vulnerável (ICMBIO, 2018c). Já a Parque Natural Municipal Tancredo Neves – Passa Cinco, no mesmo município, destaca-se a presença do Curió (*Sporophila angolensis* - Linnaeus, 1766), considerado Criticamente em Perigo no Estado (BIODIVERSITAS, 2006; PMPN, 2015).

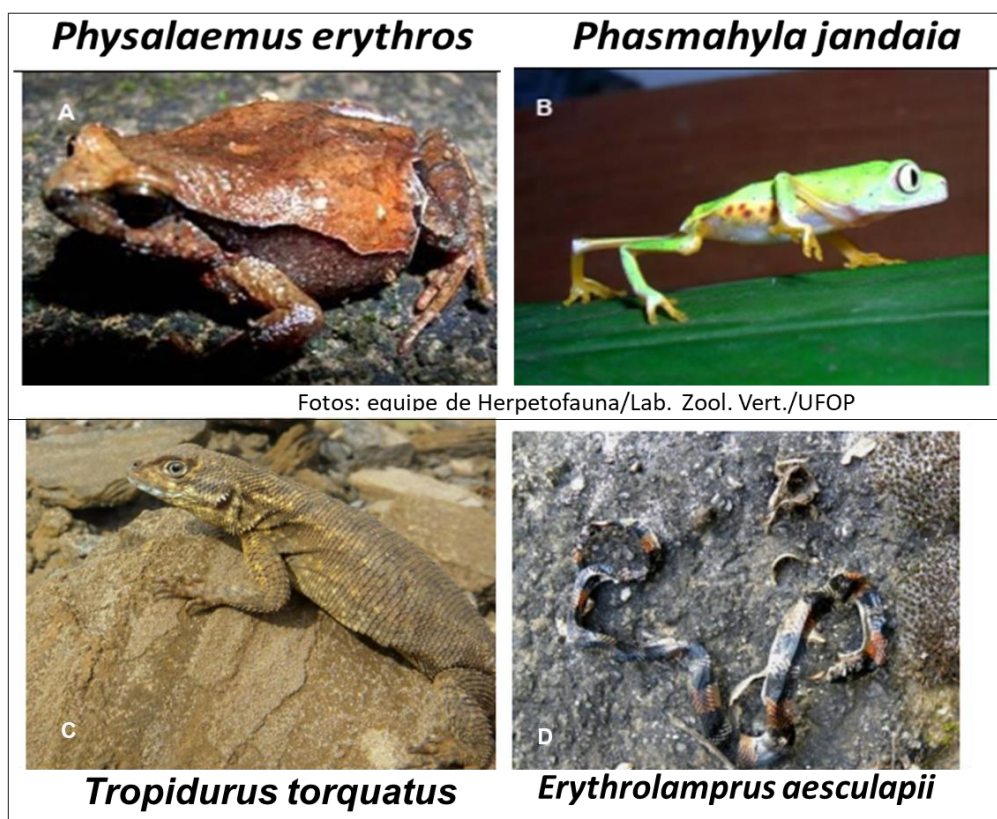
Herpetofauna – Répteis e anfíbios

Herpetofauna é um termo usual utilizado para designar os grupos de anfíbios e répteis. Os répteis constituem um conjunto da fauna ecologicamente importantes e no Brasil incluem serpentes, lagartos, cobras de duas cabeças, jacarés e tartarugas (ICMBIO, 2009). Os anfíbios são constituídos por sapos, rãs, pererecas, salamandras, cobras-cegas e cecílias (ICMBIO, 2018e). Esses grupos desempenham um papel importante no equilíbrio e manutenção de ecossistemas, sendo que os anfíbios são considerados indicadores da qualidade ambiental de um ambiente devido à sua baixa resistência às alterações ambientais e por causa das suas características biológicas, como a alta permeabilidade da pele (ICMBIO, 2009; Mry, Projetos, 2017).

Em Minas Gerais, a herpetofauna é o grupo com menor percentual de espécies ameaças, no qual 6 espécies de répteis e 10 de anfíbios se enquadram em alguma das classes de ameaças (BIODIVERSITAS, 2006). A região do QF, onde está inserida a Serra do Espinho, uma cadeia de montanhas possui uma grande biodiversidade de Herpetofauna, sendo muitas espécies ameaçadas de extinção e/ou endêmicas. Nesse ambiente encontra-se o Parque Nacional da Serra do Gandarela, que abriga espécies como a *Physalaemus erythros*, uma das espécies-

foco do Plano de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção (PAN) Espinhaço (SILVA *et al.*, 2017). Quanto aos répteis, de maneira geral há registros de espécies de lagartos e pertencentes às famílias *Teiidae* e *Colubridae*, sendo comum o registro das espécies como a Cascavel (*Crotalus durissus*), Calango (*Tropidurus torquatus.*), Largato tiú (*Tupinambis merianii*), Jararacuçu (*Tupinambis merianii*), Jararaca (*Bothrops neuwiedii*), entre outras (FEAM, 1995; IEF, 2007b; SMOP, 2010; SMOP, 2011; IEF, 2017a; IEF, 2017b; Myr Projetos, 2017).

Figura 39 – Registros de algumas espécies de anfíbios presentes nas unidades de conservação da área do projeto PIGIRS/CIMVALPI.



Anfíbios encontrados no (A) e (B) Parque Estadual do Itacolomi; (C) e (D) Parque Estadual Serra do Ouro Branco e MONA do Itatiaia.

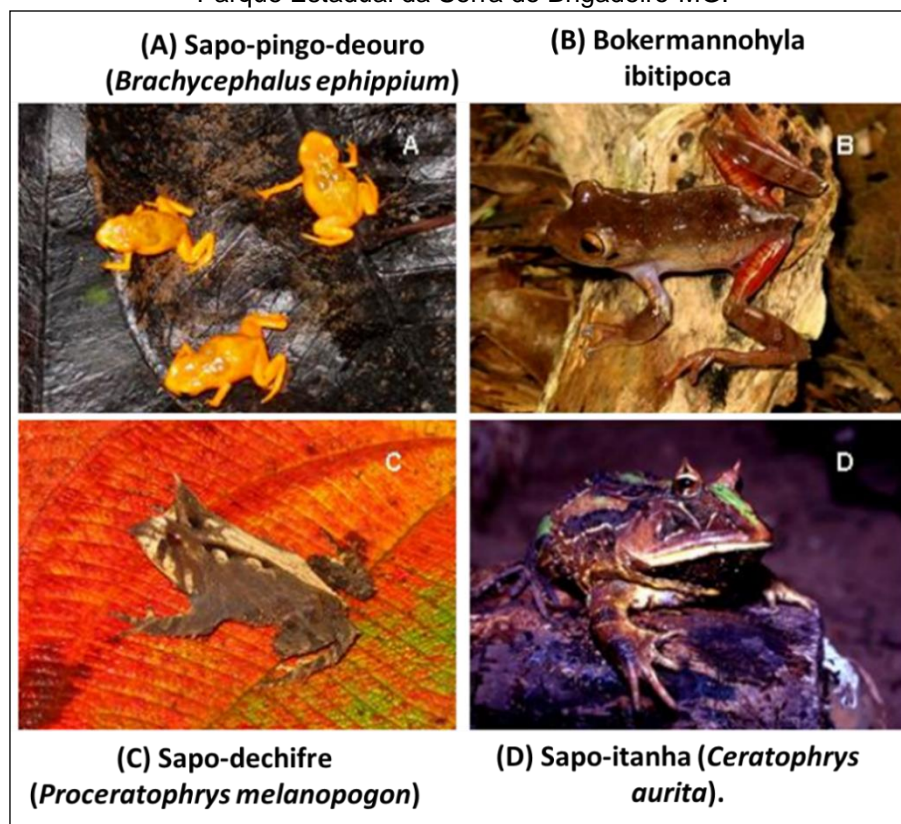
Fonte: IEF, 2007b; IEF, 2017a; IEF, 2017b.

Na Zona da Mata são encontradas muitas espécies de anfíbios raros e ameaçados de extinção. O PESB, localizado nessa mesorregião, é considerado um ambiente rico em espécies de sapos, rãs e pererecas, dos quais destaca-se o Sapo-pingo-de-ouro (*Brachycephalus ephippium*), *Bokermannohyla ibitipoca*, Sapo-de-chifre (*Proceratophrys melanopogon*), que são espécies endêmicas do Brasil,

possuem relevância taxonômica, zoogeográfica e conservacionista, sendo a última espécie supracitada ameaçada de extinção no Estado (IEF, 2007a). Há registros da Perereca-preguiça (*Phasmahyla sp.*), espécie típica de riachos de montanha, e da Rã-berro-de-boi (*Physalaemus maximu*) (também encontrada na região de Ouro Preto).

Segundo o plano de manejo do PESB espécies novas, como a Perereca-da-bromélia (*Scinax gr. Perpusillus*), foram registradas no parque. Nas APAs de Jequeri, Vau Açu, e Tanquedo Neves são encontrados anfíbios de ocorrência comum na Zona da Mata, como a Perereca verde (*Scinax crospedopilus*) e o Sapo-cururu (*Bufo pombali*). Quanto aos répteis, de acordo com os planos de manejo consultados, de maneira geral, na Zona da Mata há ocorrência de Jararaca (*Bothrops jararaca*), Largato Tiú (*Salvator merianae*), entre outras espécies (SECMATEJ, [20-?]; IEF, 2007a; PMPN, 2015; FOCUS GESTÃO AMBIENTAL LTDA, 2018).

Figura 40 - Espécies de anfíbios de relevância taxonômica, zoogeográfica e/ou conservacionista do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro-MG.



Fonte: IEF, 2007a.

Invertebrados

Na região do Quadrilátero Ferrífero há ocorrências de invertebrados (libélula, borboletas, mariposas, abelhas, besouros, insetos, cupins, entre outras), sendo alguns considerados raros. Contudo, não há registros de espécies em ameaça de extinção regional ou nacionalmente. No PEIT, por exemplo, conforme o plano de manejo (IEF, 2007b) foram coletadas espécies dos gêneros *Euglossa*, *Eulaema* e *Eufrisea*, sendo essa última rara e característica de ambientes de altitudes acima de 1.000 metros. No levantamento há registros de espécies comuns que possuem uma certa tolerância a perturbações antrópicas. Segundo a FEAM (1995), na Estação Ecológica do Tripuí há o registro de *Peripatus acacioi* (MARCUS e MARCUS, 1955), uma espécie endêmica do local. Deve-se destacar que na Zona da Mata, assim como no Quadrilátero ferrífero há pouco estudo de invertebrados.

Na área abrangida pelo consórcio, há algumas regiões com ocorrência de cavidades naturais. As cavidades são locais lugares locais que possuem ecossistemas naturais sensíveis, conteúdo corpos d'água, fauna, flora e sítios arqueológicos de relevância ambiental, cultural e social. Nesse contexto, na Gruta da Igrejinha, contemplada nos estudos do Parque Estadual da Serra do Ouro Branco (IEF, 2017a), foram encontradas aranhas *Loxosceles sp.*, aranhas da família *Pholcidae*, grilos *Endecous sp.*, entre outros invertebrados de riqueza extremamente baixa, considerando-se uma caverna tropical de 930 metros. Foram 65 espécies de *Arthropoda* encontradas, além de uma fêmea e um macho, ambos pertencentes a uma nova espécie do gênero *Eukoenia* (*Eukoeniidae*). Ademais nesse ambiente também ocorre espécimes especializados à vida subterrânea.

Ictiofauna

Dados da ictiofauna na área estudada são insuficientes e escassos, entretanto, dentre os estudos consultados não identificou-se espécies ameaçadas de extinção no âmbito estadual, federal ou mundial. Dentre os peixes encontrados na região cita-se: Traíra (*Hoplias malabaricus*); Tilápia (*Tilapia nilotica*); Lambari (*Hoplias malabaricus*).

4. ASPECTOS AMBIENTAIS NA ESCOLHA DAS ÁREAS

Um dos produtos desse projeto é a elaboração de um mapa com a finalidade de indicar as áreas aptas à instalação de infraestruturas de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Para a confecção deste produto considerou-se a instalação de um aterro sanitário, visto que desta tecnologia de disposição final representa o cenário mais restritivo em termos locais e ambientais.

Assim, para hierarquização e subsídio à tomada de decisão quanto à escolha de áreas para operação de empreendimentos de tratamento e disposição final de RSU, foram identificados os fatores restritivos e os fatores de ponderação de acordo com a legislação vigente, para que as selecionadas tenham as melhores características locais em relação às facilidades de gerenciamento, tais como as menores distâncias aos centros urbanos municipais, distâncias de rodovias e demais fatores não restritivos.

Os fatores de ponderação são os que apresentam características não restritivas na escolha locacional prioritária, ou seja, que no contexto do projeto possuem qualidades ambientalmente adequadas e potencial de redução dos custos, através da redução das distâncias percorridas, redução da necessidade de implementação de infraestrutura básica (tal como a abertura de acessos) e redução da complexidade de licenciamento através da inclusão de fator de zoneamento ambiental. As áreas com melhores notas indicam maior favorabilidade de implementação destes empreendimentos em determinados locais.

Os fatores restritivos, ou de vedação, foram definidos de acordo com os dispostos na DN 52/2001, DN 18.0310/2009 e Lei 12.305/2010, além de normas vigentes aplicadas. Para cada legislação, foram identificados os fatores restritivos e identificados os temas relevantes, conforme caracterizações do meio físico e biótico apresentados no capítulo anterior.

Além disso, considerando a necessidade de regularização ambiental, foi utilizada a DN 217/2017, que estabelece critérios locais, considera o porte e potencial poluidor/degradador, bem como a tipologia da atividade ou do empreendimento a ser enquadrado nas diferentes modalidades do licenciamento ambiental (SEMAD, 2017).

Todos estes critérios integraram a base de avaliação para o enquadramento e escolha da área do projeto segundo o Processo Hierárquico Analítico, conforme descrito nos tópicos a seguir.

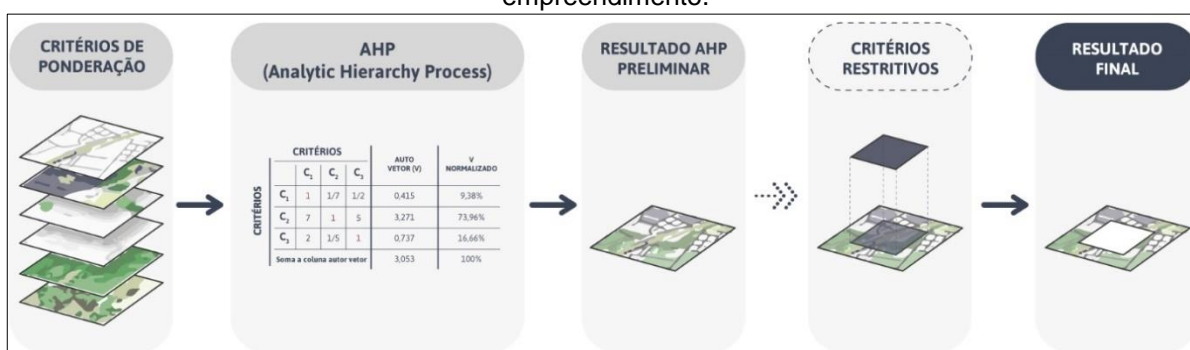
4.1. Processo Hierárquico Analítico

Para hierarquização da área mais apropriada para a instalação de infraestruturas de tratamento e destinação final dos RSU para os municípios consorciados foi utilizada uma análise multicritério, denominada de técnica AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Essa metodologia, proposta por Saaty (1990; 1987), possui aplicação em diversas áreas do conhecimento.

A técnica AHP é uma metodologia consagrada e estruturada para a tomada de decisões complexas, em que diversas variáveis são consideradas. Essa alternativa é rápida, eficiente, de baixo custo e produz resultados satisfatórios em estudos como esse (CABRAL, 2012; CARVALHO, 2017; SILVA, *et al.*, 2018).

A identificação de áreas para implementação de empreendimentos para tratamento e disposição de RS nos municípios consorciados CIMVALPI foi realizada em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), através do software QGIS. O processo é realizado em duas etapas distintas (Figura 41). A primeira consiste na aplicação do AHP de acordo com os temas definidos nos critérios não restritivos ou de ponderação. No segundo momento, os critérios restritivos foram incorporados ao produto da primeira etapa, para que os locais de restrição ambiental e locacional legal possam ser identificados e considerados na escolha das áreas mais apropriadas ao objetivo em questão.

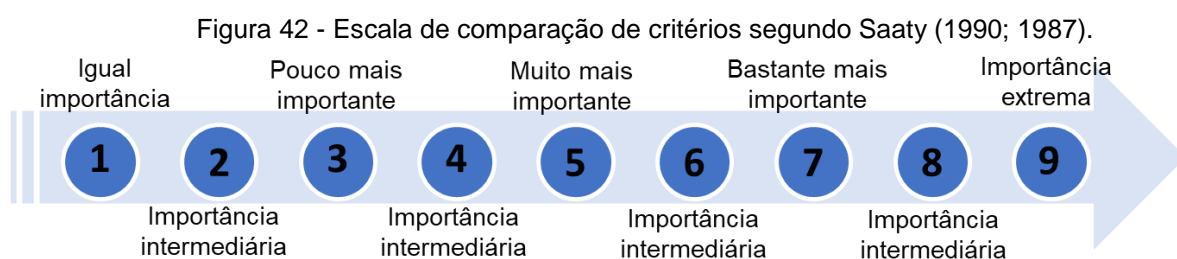
Figura 41 - Aplicação da AHP e Análises espaciais para escolha de áreas de implantação de empreendimento.



Fonte: Elaboração própria.

A primeira etapa iniciou-se com a análise das classes de cada parâmetro de ponderação, bem como a sua reclassificação conforme a aptidão da área para a instalação das infraestruturas pretendidas no projeto. A seguir estabeleceu-se uma hierarquia lógica destas variáveis para dar início a montagem e preenchimento da matriz quadrada recíproca de pesos da AHP, em que cada alternativa será avaliada duas a duas, dentro de cada um dos critérios de ponderação, determinando assim o grau de influência de cada.

A avaliação hierárquica pela determinação do peso relativo dos grupos de critérios foi realizada a partir das proposições da metodologia AHP, que define uma escala (pesos) de 1 a 9, onde 1 é o menor valor (influência menos importante), e 9 corresponde ao valor máximo de extrema importância. Como a matriz é quadrada e recíproca, os valores abaixo da linha diagonal principal e suas respectivas significâncias correspondem ao inverso dos valores acima desta linha. Deve-se salientar que a atribuição dos pesos de cada variável depende do conhecimento técnico do especialista. A Figura 40 apresenta a escala fundamental proposta por Saaty (1990; 1987).



Fonte: SAATY (1990; 1987).

Após o julgamento, os valores foram normalizados a partir da divisão de cada valor pela respectiva somatória dos valores de cada parâmetro. Em seguida, calcula-se vetor aproximado de Eigen (λ_n), através da média aritmética dos valores de cada um dos critérios. λ_n determina a probabilidade de o critério avaliado atender a meta, ou seja, estabelece o peso final da variável na hierarquização das áreas de maior aptidão para as instalações pretendidas.

Depois verificou-se a consistência dos pesos atribuídos através da Equação 1, denominada de Índice de Consistência (CI). Por fim aferiu-se o CI por meio da Taxa de consistência (CR), Equações 2.

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

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \sim 10\% \quad (2)$$

Onde n é o número de critérios avaliados, λ_{\max} é o somatório do produto de cada componente do vetor de Eigen pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original (VARGAS, 2010), e RI é o índice de consistência aleatória proposto por Saaty (1990; 1987), cujos valores podem ser conferidos na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de índices de consistência aleatória proposta por Saaty (1990; 1987).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: SAATY (1990;1987).

Com CR até 10%, a matriz é considerada consistente.

Posteriormente foi realizada uma comparação em segundo nível hierárquico utilizando os mesmos procedimentos, considerando a categorização de cada critério (julgamento individual).

Depois dessa etapa, em ambiente SIG, as variáveis de ponderação foram organizadas em camadas funcionais, recortadas no tamanho da área do projeto e convertidas para o DATUM WGS 84, zona 23S. Posteriormente, os vetores das condicionantes de ponderação foram reclassificados, adicionou-se uma coluna com os valores do vetor aproximado de Eigen (λ_n), e em seguida, converteu-os para o formato matricial (*raster*), incorporando os valores de λ_n em cada pixel. Quando os dados de origem já eram matriciais, os pixels incorporaram os respectivos valores de λ_n .

Os dados matriciais foram processados com pixel de 12,5 metros, em decorrência da resolução de 12,5 metros do Modelo Digital de Elevação utilizado no projeto. Por fim realizou-se a álgebra de mapas, para a obtenção do produto da 1ª etapa. A partir da soma dos *raster* referentes aos onze critérios, multiplicados pelos seus pesos (λ_{\max}), gerou-se um mapa (denominado de Mapa de Aptidão), cujos valores correspondem a aptidão da área à instalação de infraestruturas de gerenciamento de RSU. Dessa forma, quanto maior o valor do pixel, melhores são as condições da área para a instalação de infraestruturas destinadas ao tratamento e destinação final de RSU.

Uma vez hierarquizada as alternativas de áreas, adequou-se as bases vetoriais referentes aos critérios restritivos e criou-se um vetor único com todos os parâmetros. O mapa de aptidão final resultou da combinação entre os fatores restritivos e o Mapa de Aptidão. Nesse mapa as áreas de uso restrito ou vedado deverão ser desconsideradas para a implantação das infraestruturas de engenharia.

4.2. Critérios Técnicos de Análise

4.2.1. Critérios de Ponderação

Para a execução da técnica AHP considerou-se as os parâmetros do Quadro 5 abaixo.

Quadro 5 - Critérios adotados na análise da área de estudo do projeto PIGIRS.

Tipo de critério	Fatores	Características dos fatores
Critérios de Ponderação	Litologia e Unidades Estratigráficas	Avaliação de aspectos geológico geotécnicos.
	Pedologia	Avaliação de tipos de solos mais favoráveis ao tipo de empreendimento
	Distância de Centros Urbanos (Sedes Municipais) (DCU)	Atendimento aos núcleos populacionais a uma menor distância
	Distância de Vias de Acesso (DVA)	Menores distâncias de vias de acessos (rodovias) indicam menores investimentos em infraestrutura
	UC (Exceto as de Proteção Integral) (UCS)	Implementação do empreendimento em áreas não prioritárias de conservação; Redução da complexidade do licenciamento ambiental
	Uso e Ocupação do Solo (UOS)	Implementação do empreendimento em áreas com atuação antrópica pretérita
	Critérios Locacionais (Vegetação nativa em áreas prioritárias para conservação, considerada de importância biológica “extrema” ou “especial”; Reserva da Biosfera - excluídas as áreas urbanas - e Área de Alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades)	Redução da complexidade do licenciamento ambiental

Fonte: Elaboração própria.

Considerando a estrutura de um aterro, seus aspectos ambientais e impactos, a geologia e a pedologia são variáveis técnicas de engenharia primordiais de serem consideradas, visto que a capacidade suporte dos solos, a permeabilidade, a fração de argila, coesão e a velocidade de infiltração da área são determinadas a partir de

tais condicionantes. O dado vetorial da litologia foi obtido através do Mapa Geológico de Estado de Minas Gerais (CPRM, 2014), escala 1: 1.000.000, posteriormente, os litotipos foram reclassificados com base nas características pedológicas gerais. O julgamento da técnica AHP foi baseado na dificuldade de escavação, erodibilidade, porosidade, permeabilidade e comportamento geral geotécnico.

Os dados vetoriais pedológicos foram do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV - CETEC - UFLA - FEAM, 2010), escala 1: 600.000. Os tipos pedológicos foram reclassificados com base na classe de primeiro nível categórico (ordens) adotados no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). O julgamento para a análise AHP considerou características gerais, tais como: profundidade, textura, permeabilidade, homogeneidade e informações complementares encontradas na literatura, que foram importantes na determinação da capacidade geotécnica geral de cada ordem.

Quanto ao uso e ocupação, este fator foi obtido através da poligonização do *raster* da coleção 4 do MAPBIOMAS, de 2018, resolução de 30 m. As classes originais foram mantidas e o julgamento partiu da premissa de que infraestruturas como as tratadas neste projeto devem ser inseridas preferencialmente em áreas antropizadas. Deve-se frisar que, a confecção do *raster* não considera as definições legais municipais de uso e ocupação do solo, logo, essa questão deve ser verificada em campo, dado que o produto dessa modelagem é uma ferramenta de orientação.

As distâncias dos centros urbanos e das vias de acessos são consideradas variáveis de logística com impactos econômicos no projeto, sendo que, no caso dos centros urbanos deve-se considerar que a distância deve minimizar os impactos, tais como a proliferação de vetores e animais, ruído, odor e vibração sobre núcleos populacionais, o que influencia diretamente na aceitação da instalação pela população local. As manchas urbanas foram obtidas a partir do *raster* do MAPBIOMAS e por meio da vetorização dos principais núcleos populacionais dos municípios. Já a rede viária principal foi obtida na plataforma do IDE-SISEMA. Para ambas condicionantes calculou-se a distância euclidiana, cuja reclassificação foi pautada na literatura e no conhecimento da área. No julgamento da aptidão das classes atribuiu-se o menor valor às distâncias de uso legalmente restrito.

Os demais fatores selecionados, cujos vetores foram obtidos na plataforma do IDE-SISEMA, selecionadas visam evitar áreas de alta sensibilidade ecológica e

prioritárias para conservação, o que indiretamente reduzirá a complexidade do processo de licenciamento ambiental. Assim, para a execução da técnica AHP, essas variáveis foram categorizadas conforme a sensibilidade das classes ao potencial e efetivo impacto negativo que infraestruturas gerenciamento de RSU podem gerar. Deve-se ressaltar que, para a aplicação da AHP, a potencialidade de ocorrência das cavidades naturais e a zonas de influência das cavidades naturais cadastradas no Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) foram consideradas como uma única variável.

4.2.2. Critérios Restritivos

Para a área serão avaliados os seguintes critérios restritivos ou de vedação dispostos nas DN 217/2017, apresentados na tabela abaixo.

Quadro 6 - Critérios de restrição ou vedação dispostos na DN 217/2017.

Fatores	Tipo de restrição ou vedação
Área de Preservação Permanente – APP	Vedada a intervenção e/ou supressão nos termos especificados, ressalvados os casos legalmente permitidos.
Área de Segurança Aeroportuária – ASA	Restrito o uso e ocupação em função da natureza atrativa de fauna na área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, com 20 km de raio.
Bioma Mata Atlântica	Vedado o corte e/ou a supressão de vegetação nativa primária ou secundária em estágio médio ou avançado de regeneração, exceto árvores isoladas nos termos especificados, ressalvados os casos legalmente permitidos.
Corpos d'água de Classe Especial	Vedado o lançamento ou a disposição nos termos especificados, inclusive de efluentes e resíduos tratados. Nas águas de Classe Especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo d'água.
Rio de Preservação Permanente	Vedada a modificação no leito e das margens, revolvimento de sedimentos para a lavra de recursos minerais nos termos especificados, ressalvados os casos legalmente permitidos.
Terras Indígenas e Quilombola	Vedada a implantação ou operação de atividade ou empreendimento em Terra Indígena, ressalvados os casos previamente autorizados pela Fundação Nacional do Índio – FUNAI ou pela Fundação Cultural Palmares – FCP.
Unidade de Conservação de Proteção Integral	Vedada a implantação de atividade ou empreendimento em UCs de Proteção Integral, ressalvados os casos legalmente permitidos.

Fonte: Adaptado DN 217/2017 (COPAM, 2017).

Considerando os aspectos de projeto e ambientais, para a seleção da área considerou-se alguns critérios adotados para disposição final de resíduos sólidos em Aterros Sanitários, visto que esses representam o cenário ambiental mais restritivo para o cumprimento dos objetivos desse projeto. Os critérios para projeto, implantação e operação de Aterros de resíduos não perigosos, estabelecidos pela NBR 13.896/1997 e pela DN 52/2001, alterada pela DN 118/2008 (Quadro 7) são considerados de restrição no processo de hierarquização de áreas mais adequada para a instalação de infraestruturas de tratamento e disposição final de RS.

Quadro 7 - Critérios restritivos para projeto, implantação e operação de Aterros de resíduos não perigosos.

Fatores	Tipo de restrição ou orientação (NBR 13.896/1997)	Tipo de restrição ou orientação (DN 52/2001, alterada pela DN 118/2008)
Topografia (declive)	> 1% e <30%	<30%
Geologia e Pedologia (Característica predominante do subsolo)	Depósito homogêneo com coeficiente de permeabilidade menor que 10^{-6} cm/s	-
Distância mínima de corpos d'água	200 m	200 e 300 metros (desde que não exista outra alternativa locacional)
Distância mínima de núcleos populacionais	500 m	
Profundidade mínima do nível do lençol freático	1,5 m	
Outros fatores	-	Fica vedada a instalação de sistemas de destinação final de resíduos em bacias cujas águas sejam classificadas na Classe Especial e na Classe I.
	-	Uso e ocupação da área conforme legislação local

Fonte: Elaboração própria baseada nos dados da NBR 13.896/1997 e DN 52/2001, alterada pela DN 118/2008.

A análise e seleção dos parâmetros que foram utilizados na modelagem, dispostos no Quadro 6 e no Quadro 7, considerou as particularidades da área de estudo, bem como a disponibilidade de dados confiáveis e de qualidade.

Assim, os dados espaciais dos critérios ambientais restritivos foram obtidos a partir da plataforma do IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) e do Modelo Digital de Elevação utilizado foi o da Alos Palsar de 2011, com resolução de 12,5 metros. Dentre as variáveis listadas na Tabela 16, estão inseridas nas áreas: Área de Segurança

Aeroportuária, Áreas de Preservação Permanente (APP), Unidades de Conservação de Proteção Integral e o Bioma Mata Atlântica. Os vetores desses dados foram topologicamente corrigidos, recortados no tamanho da área de estudos, convertidos em raster, com valor de pixel de 12,5 metros.

A delimitação das APP considerou as definições do Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012). Para gerar as APP para os cursos d'água, com o auxílio da ferramenta *Quickmap Service*, mensurou-se a média da largura dos principais cursos d'água (de maior vazão), conforme dos dados levantados no diagnóstico ambiental (Item 3.1.4) e para dos demais, em uma análise geral da área, considerou-se a média máxima de 10m de largura. As APP de encostas ou partes destas com declividade superior a 45° na linha de maior declive e as localizadas em altitudes superiores a 1800 metros foram obtidas a partir do MDE Alos Palsar. As APP de topo de morro foram obtidas por meio da metodologia proposta por SILVA (2017).

O Bioma Mata Atlântica, delimitação da Lei nº 11.428/2006, não foi inserido no modelo, porque toda a área está inserida nele, ademais, as características como o estado de regeneração deverão ser verificadas em campo, considerando as características de terreno demandada pela tecnologia escolhida pelo consórcio. As classes dos corpos d'água também não foram consideradas na elaboração do produto supracitado, para evitar a morosidade da sua execução. Logo, julgou-se plausível que esse parâmetro também seja considerado na etapa posterior a elaboração do mapa.

Os critérios de projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não-perigosos (Quadro 7) dispostos na NBR 13.896/1997 e a DN 52/2001 (alterada pela DN 118/2008), também foram considerados como critérios restritivos ou de vedação. Assim, para o levantamento das bases vetoriais e matriciais desses critérios utilizou-se a mesma referência dos critérios ambientais. Dessas variáveis, destaca-se que apenas a topografia e as distâncias mínimas de corpos d'água e de núcleos populacionais foram passíveis de vetorização. As demais deverão ser verificadas no processo de seleção da área realizado após a modelagem. A Quadro 8 apresenta o resumo dos critérios adotados na modelagem da área de estudo.

Quadro 8 - Critérios adotados na análise da área de estudo do projeto PIGIRS.

Tipo de critério	Fatores	Características dos fatores
Restritivos ou de vedação ambiental	Área de Preservação Permanente – APP	APPs determinadas pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012)
	Área de Segurança Aeroportuária – ASA	-
	Unidade de Conservação de Proteção Integral	-
Locacionais ou de projeto	Topografia (declive)	< 30%
	Distância mínima de corpos d'água	200 m
	Distância mínima das vias	200 m
	Distância mínima de núcleos populacionais	500 m

Fonte: Elaboração própria.

4.3. Resultados

A seguir será apresentada a categorização das variáveis de ponderação obtidas após a análise (AHP) da influência individualizada de cada uma sobre a aptidão da área para a instalação do empreendimento em questão e os respectivos pesos atribuídos pela AHP. Os dados compilados da técnica AHP podem ser encontrados no APÊNDICE I – DADOS COMPILADOS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO AHP

De acordo com os pesos atribuídos na técnica AHP, o tipo de solo contribui com cerca de 25,7% para a identificação das áreas mais aptas à instalação de infraestruturas de tratamento e disposição final de RS. Os argissolos (peso 13,2%) e os latossolos (peso 6,8%) são os tipos mais adequados, o que é justificado pelas suas características de formação e geotécnicas (alta concentração de argila, baixa permeabilidade, coesão, entre outras). Esses solos concentram-se majoritariamente nos municípios da região da Zona da Mata Mineira. As demais categorias de solo, como pode-se observar na Figura 41, tiveram pesos inferiores a 3,5%, o que significa que, dependendo das condições de campo desses solos, será necessário implementar medidas geotécnicas, por exemplo, para adequá-los para a instalação de infraestruturas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanas.

A geologia foi o segundo parâmetro mais influente na hierarquização das áreas, contribuindo com aproximadamente 22%. Das litologias mais importantes, apontadas pela técnica AHP, a categoria formada por gnaisses, paragnaisses, ortognaisses, biotita gnaiss e Anfibólito, foi considerada a mais significativa (peso de 5,2%). Tal significância pode ser atribuída à porosidade e permeabilidade baixa a moderada, e a fácil escavação, quando em alto grau de intemperismo. Os diferentes tipos de gnaisses constituem a maior parte do subsolo da área, dos quais destacam-se, os complexos Mantiqueira e Juiz de Fora nos municípios da Zona da Mata, e as formações do Complexo Bação e do Grupo Caraça no Quadrilátero Ferrífero. As categorias compostas por rochas metamáficas, metabásica, metaultramáficas, máfico-ultramáficas (peso 5,2%), xistos (peso 3,1%) e filito (peso 2,3%), também são consideradas aptas a depender do grau de alteração. Os solos sedimentares é a categoria da qual não se recomenda a instalação de qualquer infraestrutura de tratamento e disposição de RS, dado os aspectos ambientais e de engenharia que as tecnologias empregadas normalmente exigem.

O uso e ocupação do solo contribuiu com 12,5% na hierarquização das áreas, sendo que, área de Agropecuária e Florestas (termo designado para vegetação arbórea) são consideradas as mais aptas à instalação infraestruturas destinadas ao tratamento e disposição final. No caso da cobertura de florestas, a origem (plantada ou natural), o estado de conservação, entre outras características importantes na determinação da importância ecológica devem ser verificadas em campo. As demais categorias possuem condições que podem dificultar o processo de instalação de infraestruturas, seja por proximidade de núcleos urbanos ou área úmida, ou pela presença de afloramentos rochosos.

As zonas de amortecimento das UC de proteção integral e as áreas das UC de uso sustentável contribuem, respectivamente, com 10,6% e 9,5% na modelagem. Para ambas condicionantes, as áreas que não abrangem as áreas de UC e de amortecimento são as que mais contribuem no modelo, dado que tais zonas são muitas vezes restritivas a inserção de empreendimentos e atividades potencial ou efetivamente poluidores e/ou utilizadores de recursos naturais.

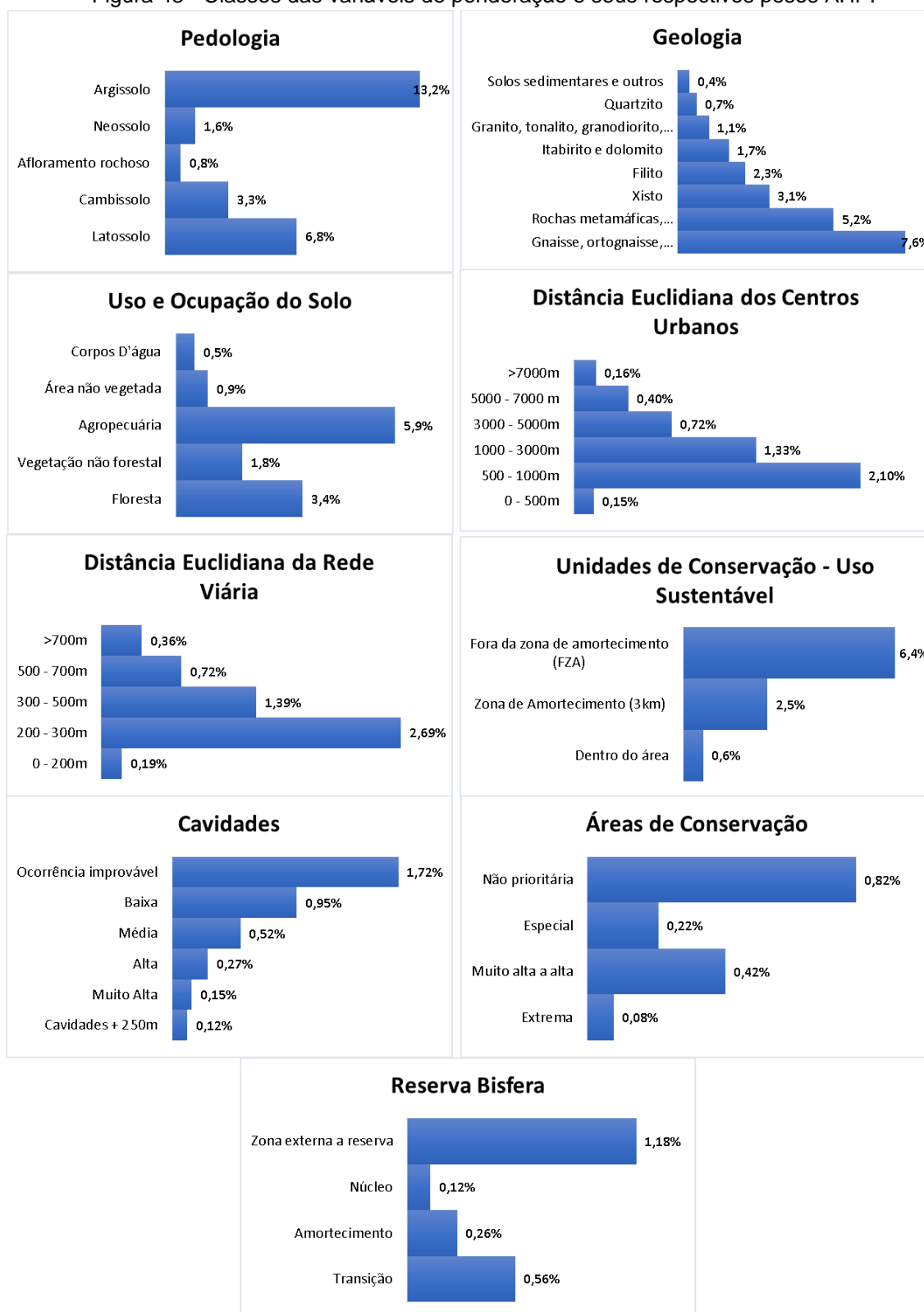
A classificação das distâncias da rede viária é um fator logístico de impacto econômico que contribuiu com 5,4% na identificação de áreas de maior aptidão. A condicionante foi categorizada de 0 a 700 metros em função da distância euclidiana

da rede viária existente. Assim como obtido nos modelos de Schmidt (2016), Silva et al. (2018) e Born (2013) a aptidão decresce com à medida que a distância da rede viária aumenta, sendo que, a distância entre 200 e 300 metros a de melhor aptidão.

Para as manchas urbanas, calculou-se a distância euclidiana centros urbanos. A contribuição desse parâmetro considerando o cenário de aterro sanitário foi de aproximadamente 4,9%, sendo que a distância entre 500 e 1000 metros apresentou melhor aptidão (peso 2,10%). Esse resultado assemelha-se aos de Schimidt (2016).

Quanto aos parâmetros locacionais, o fator Potencialidade de ocorrência de cavidades naturais apresentou uma maior contribuição ao modelo, cerca de 3,73%, sendo que as áreas de ocorrência improvável foram consideradas as de maior aptidão. As áreas de influência de 250 metros, conforme legislação pertinente e considerando os aspectos das diferentes tecnologias de tratamento e disposição final. Segundo a técnica AHP as reservas biosferas contribuíram mais na seleção de áreas de maior aptidão que as áreas prioritárias de conservação. Esse resultado se deve ao fato de as reservas serem delimitadas com base nas unidades de conservação integral, cujas áreas denominadas de núcleo são inadequadas para os objetivos desse projeto.

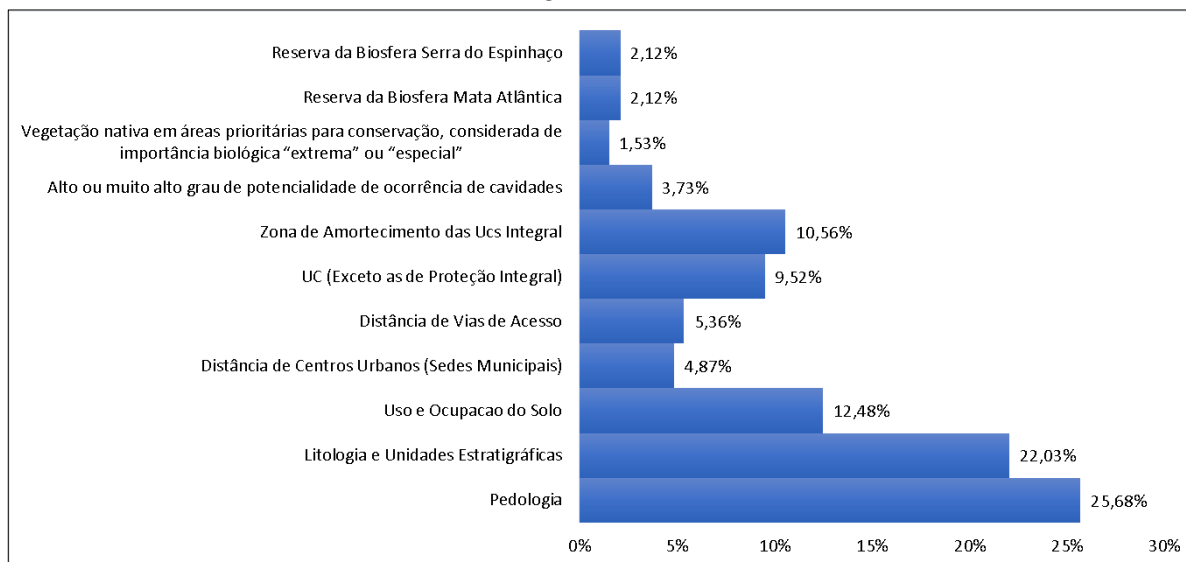
Figura 43 - Classes das variáveis de ponderação e seus respectivos pesos AHP.



Quanto à Fonte: Elaboração própria. priorização dos parâmetros e a comparação entre eles, como já esperado, a pedologia e a litologia são os

critérios de maior relevância, seguido dos de logística e os ambientais, como se pode observar na Figura 44.

Figura 44 – Priorização dos critérios selecionados para avaliação da área do projeto CIMVALPI.



Fonte: Elaboração própria.

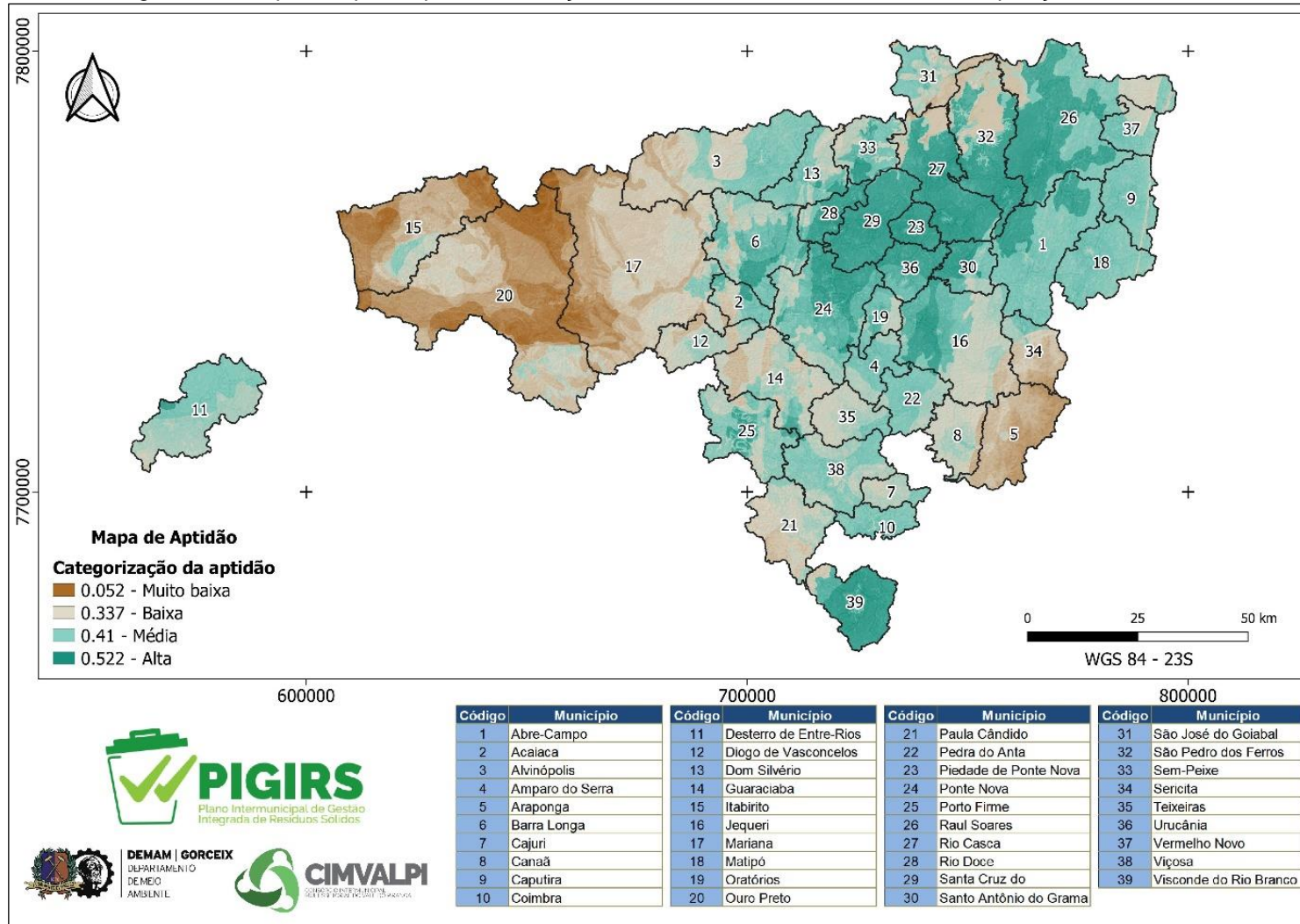
Os critérios restritivos adotados foram padronizados, transformados em raster para posterior exclusão dos dados restritivos do mapa gerado da combinação algébrica dos fatores de ponderação. O resultado da álgebra de mapas, apresentado na Figura x, representa a aptidão da área de estudo para a instalação de um aterro sanitário.

Os valores atribuídos pela técnica AHP variaram entre 0,052 (menor aptidão) e 0,522 (maior aptidão). Analisando a Figura 45 verifica-se que Visconde do Rio Branco e a região nordeste-centro possuem aptidão alta a média, predominantemente, o que significa que tal área apresenta as melhores condições locais e ambientais para a instalação das infraestruturas pretendidas.

A região do Quadrilátero Ferrífero, Araponga e Sericita são áreas de muito baixa a baixa aptidão, o que significa tais localidades, para a instalação de infraestruturas voltadas ao gerenciamento de RS, podem requerer técnicas mais elaboradas de manejo da área e adequação geotécnica. O QF é uma região acidentada, com diversas zonas de alta susceptibilidade a escorregamentos de massa e possui alta sensibilidade ambiental, pois possui diversas unidades de conservação, além de ser uma região de elevada importância ecológica e

hidrológica, já que nessa encontra-se nascentes de rio de importância nacional em meio a biomas *hotspots* mundial, como é o caso da Mata Atlântica e Cerrado. Então, a escolha de áreas nessas regiões requer maior cautela.

Figura 45 – Mapa de aptidão para a instalação de infraestruturas de tratamento e disposição final de RS.

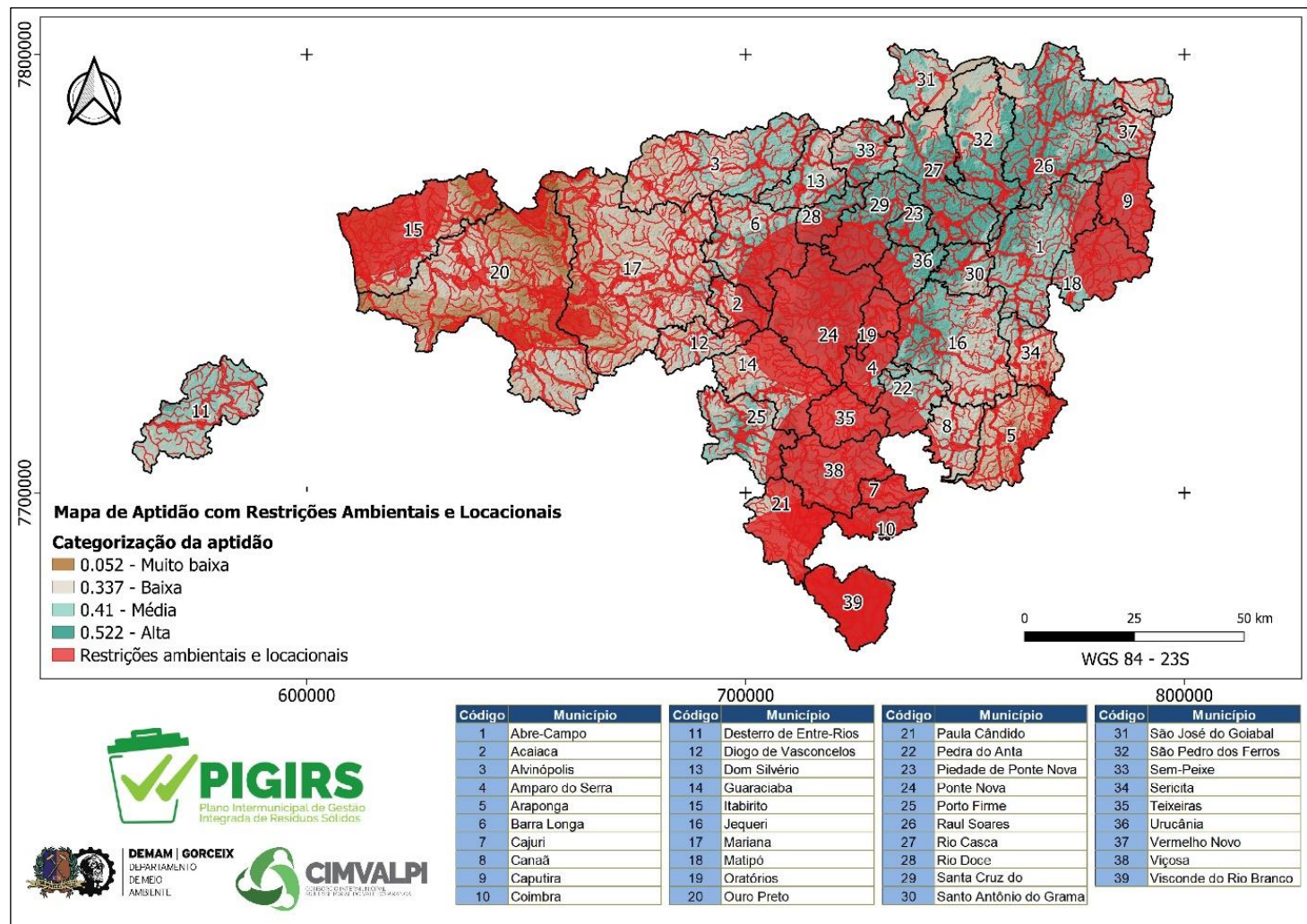


Fonte: Elaboração própria.

Quando se considera os seguintes fatores de restrição, Áreas de Preservação Permanente, Unidades de Conservação Integral, 500 metros dos centros urbanos, 200 metros da rede viária e as Áreas de Segurança Aeroportuárias (Figura 46), nota-se que uma porção considerável das áreas de alta e média aptidão está restrita ao uso. A área de restrição, que totaliza aproximadamente 43% (5328,13 km²) da área do consórcio, ocupam grandes extensões inclusive

Municípios centrais como Viçosa e Ponte Nova, considerados estratégicos em termos de logística, estão inseridos dentro da área de segurança aeroportuária. O mesmo acontece com municípios como Visconde do Rio Branco e Teixeiras. Ademais, nota-se na Figura 46 que a região norte e nordeste possui a maior extensão de áreas aptas disponíveis para a instalação das infraestruturas pretendidas pelo CIMVALPI.

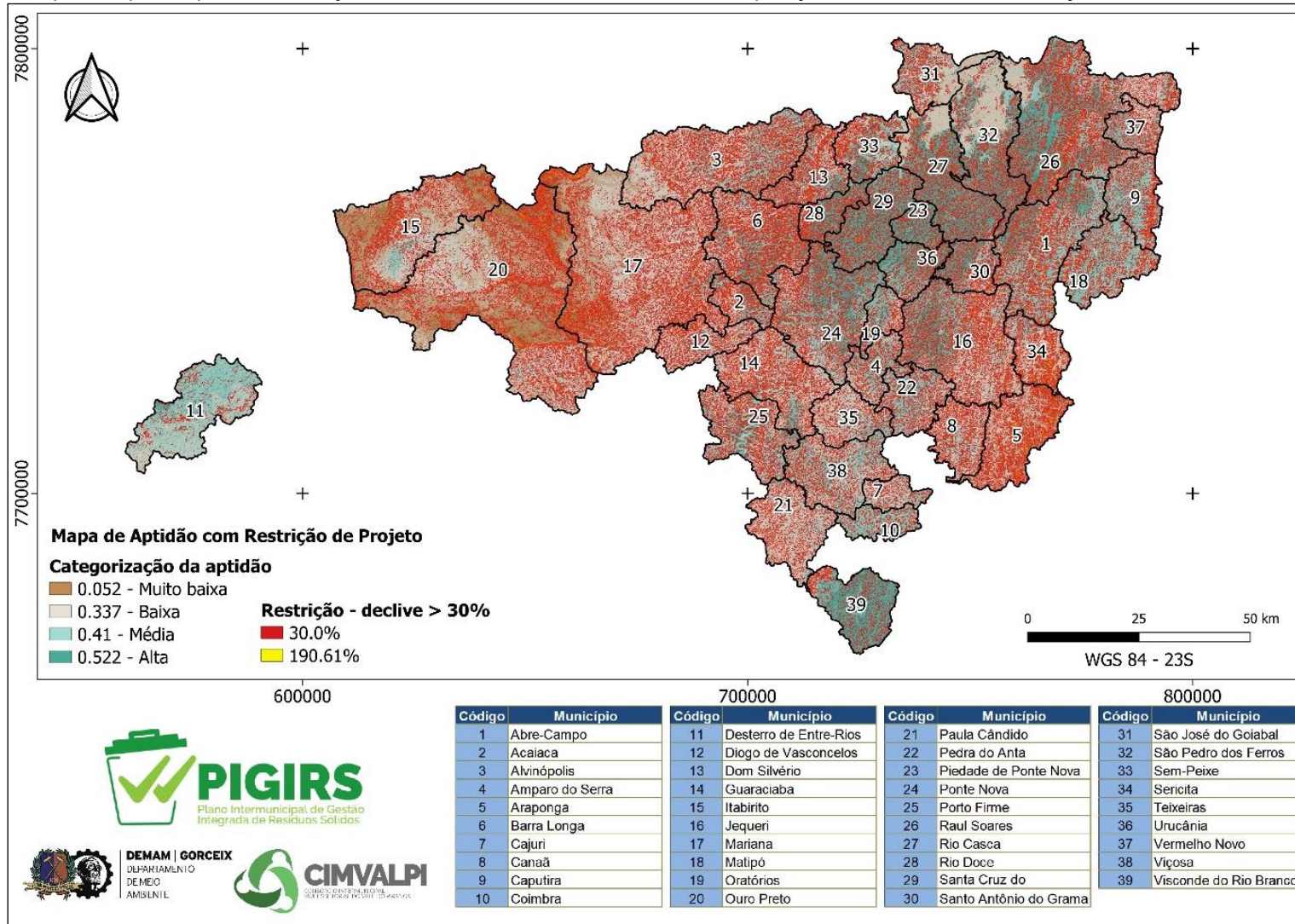
Figura 46 – Mapa de aptidão para a instalação de infraestruturas de tratamento e disposição final de RS com restrições ambientais e locais.



Fonte: Elaboração própria.

As legislações sobre aterro sanitário indicam que a área de instalação deve ter inclinação máxima de 30%, nesse contexto, a Figura 47 apresenta as encostas com declive igual e maior a 30%. Como pode-se observar em tal figura, a extensão de áreas com declives superiores é grande, logo, caso o consórcio opte por instalar aterro sanitário, a seleção de áreas aptas será difícil, principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero. Tal característica do terreno do PIGIRS está associada ao fato do relevo ser majoritariamente acidentado.

Figura 47 – Mapa de aptidão para a instalação de infraestruturas de tratamento e disposição final de RS com indicação dos declives maiores que 30%.

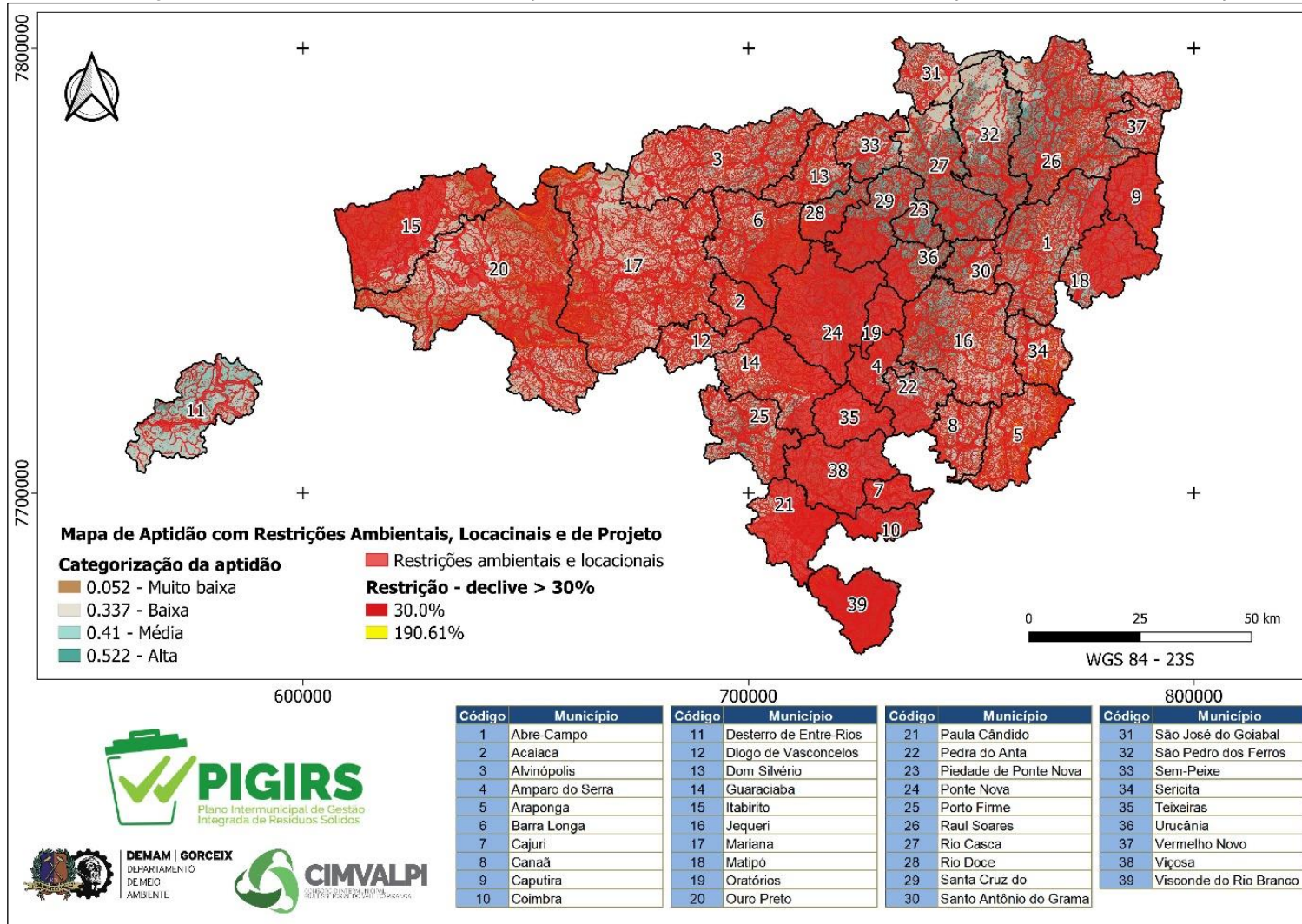


Fonte: Elaboração própria.

A Figura 48 representa o mapa de aptidão com todas as restrições (ambientais locais e de projeto). Por meio desse percebe-se que a escolha da área deve ser realizada com cautela, dado que a área possui inúmeras restrições e é acidentada.

Deve-se ressaltar que o mapa de aptidão com as restrições deve ser utilizado como um instrumento norteador no processo de seleção das melhores áreas para instalação das infraestruturas de tratamento e disposição final de RSU, o banco de dados geoespacial utilizado na produção do mapa possui escala variável e a área contemplada no projeto é considerada extensa, de aproximadamente 12.348,02 km². Entretanto, as metodologias adotadas foram consideradas satisfatórias, o que não exclui a verificação das condições ambientais em campo.

Figura 48 - Mapa de aptidão para a instalação de infraestruturas de tratamento e disposição final de RS com as restrições.



Fonte: Elaboração própria.

5. ASPECTOS LOGÍSTICOS NA ESCOLHA DAS ÁREAS

Um dos objetivos do PIGIRS é identificar as melhores alternativas de localização geográfica para se instalar os Centros de Tratamento de Resíduos (CTR) para o conjunto de municípios do CIMVALPI, bem como Unidades de Transbordo entre os municípios e as UTC, se necessário. Investigam-se, para este consórcio, soluções para um conjunto de 39 municípios de uma região do Estado de Minas Gerais.

A análise e execução deste tipo de logística engloba uma vasta gama de variáveis e possibilidades locacionais de instalação de CTR e transbordos, além dos custos financeiros de cada possibilidade tecnológica de tratamento e disposição de resíduos. Portanto, o processamento das informações envolvidas para a formulação de uma solução viável que satisfaça aos municípios com o menor custo global possível é complexo e moroso, o que justifica a utilização de Pesquisa Operacional (PO). PO é uma modelagem matemática e computacional amplamente utilizada na resolução de problemas complexos e auxilia o processo de tomada de decisões nas etapas de planejamento, concepção e operação de sistemas (COUTO, 2017).

Nesta abordagem o problema pode ser resolvido em tempo hábil e com eficiência, levando em conta as possibilidades de arranjo da infraestrutura e custos associados ao gerenciamento de resíduos dos municípios integrantes do CIMVALPI.

5.1. Pesquisa Operacional Aplicada à demanda CIMVALPI

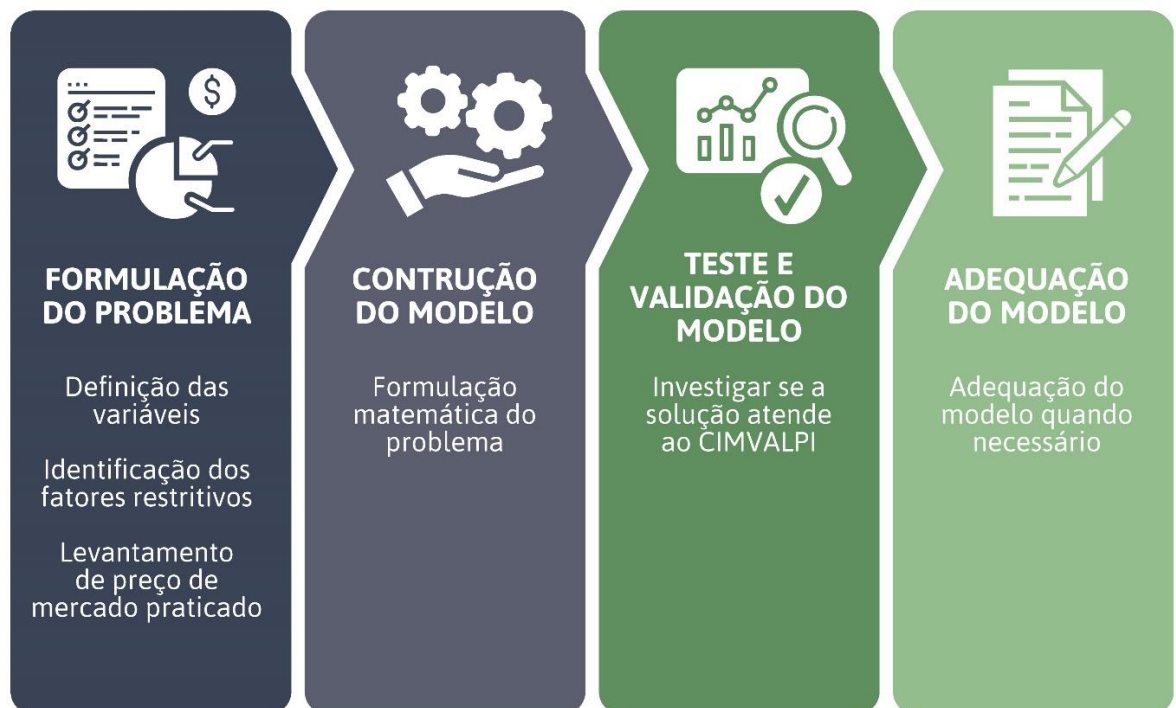
Um modelo de localização de facilidades pode ser de natureza contínua ou discreta. Modelos contínuos são aqueles em que as instalações podem ser localizadas em qualquer lugar da região viável, enquanto modelos discretos apenas permitem que as instalações sejam abertas em locais predeterminados, o que eventualmente também podem ser um ponto de demanda.

As condições apresentadas no território do PIGIRS e o objetivo do consórcio são adequados para uma abordagem discreta do tipo p -medianas, que são caracterizados pela localização de instalações nos pontos candidatos, a fim de minimizar os custos médios ponderados de distância entre os pontos de demanda e as instalações às quais eles são atribuídos.

Essa abordagem mostra-se adequada, pois o planejamento presume que todo o resíduo produzido pelos municípios deverá ser processado em algum CTR. Ademais, na área do consórcio CIMVALPI foram identificadas unidades de disposição final de RSU, como aterros sanitários licenciados e lixões. Utilizar tais pontos como candidatos a instalação de CTR pode trazer benefícios ambientais e econômicos, pois, a depender da tecnologia aplicada, pode proporcionar recuperação ambiental de tais locais e reduzir os custos de instalação. Para este modelamento, entretanto, estão sendo avaliadas somente variáveis correlacionadas ao tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos, considerando o benefício imediato do ganho com a logística e a perspectiva de tratamento dos resíduos a um preço adequado e competitivo entre as tecnologias de aterro e recuperação energética.

A partir dessas premissas básicas, a pesquisa operacional foi aplicada em quatro etapas, conforme mostrado na Figura 49:

Figura 49 - Etapas para a resolução de problemas pela pesquisa operacional.



Fonte: Elaboração própria.

O principal foco do modelo é definir o melhor arranjo locacional de infraestruturas com o menor custo possível, a partir de possibilidades pré-definidas identificadas tanto no diagnóstico, quanto nas análises realizadas no mapeamento de aspectos ambientais das áreas favoráveis à implementação de CTR.

As premissas e modelagem descritas a seguir foram implementadas em um algoritmo e os cenários avaliados conforme os critérios definidos.

5.2. Premissas de Análise

5.2.1. Caracterização do problema

O Problema de Localização de Centros de Tratamento de Resíduos (PLCTR) aqui tratado possui as seguintes características:

- a. Existe um conjunto Cid de n_{Cid} localidades produtoras de resíduos sólidos urbano;
- b. Existe um conjunto UTC de n_{UTC} localidades em que estão instaladas Unidades de Tratamento de Resíduos;
- c. Existe um conjunto CTR de n_{CTR} localidades candidatas a sediarem um Centro de Tratamento de Resíduos;
- d. Existe um conjunto $Transb$ de n_{Transb} localidades nas quais estão instalados pontos de transbordo;
- e. Existe um conjunto $CidTransb$ de $n_{CidTransb}$ localidades candidatas a sediarem um ponto de transbordo;
- f. Existe um conjunto $Cand = UTC \cup Transb \cup CidTransb \cup CTR$ de $n_{CandTransb}$ localidades candidatas a serem um ponto de transbordo ativo ou sediarem um CTR, sendo $n_{CandTransb} = n_{CidTransb} + n_{Transb} + n_{UTC} + n_{CTR}$;
- g. Para cada CTR u , existem n_{faixas} configurações possíveis de produção diária, em Mt/dia e para cada configuração $k = 1; \dots; n_{faixas}$, a produção máxima é $CapMax_k$ Mt/dia e o *gate-fee* é gf_k R\$/t/dia.

O objetivo é decidir, considerando um horizonte de planejamento de t_{simula} anos, onde instalar os CTR, a sua configuração de produção diária, e os pontos de

transbordo, de forma a minimizar o custo total com transporte, instalação dos CTR, instalação e operação dos pontos de transbordo.

5.2.2. Modelagem matemática

Para a modelagem do problema, seja um grafo com quatro camadas. A primeira camada contém o conjunto das cidades, definida pelo conjunto *Cid*. A segunda camada é formada pelo conjunto *Cand*, definida no item (f) da seção anterior. Igualmente, a terceira camada é uma cópia do conjunto *Cand* e servirá para encaminhar o fluxo de um ponto candidato a transbordo a outro ponto candidato a transporte. Por fim, na quarta e última camada, há o conjunto CTR das localidades candidatas a sediarem um CTR.

Introduzimos, a seguir, uma formulação de programação linear inteira mista (PLIM) para o problema caracterizado na seção anterior.

Para definir a formulação, sejam os parâmetros de entrada e as variáveis de decisão definidas na Quadro 9 e Quadro 10, respectivamente.

Quadro 9 - Parâmetros de entrada da análise locacional.

Cid	conjunto de localidades produtoras de RSU
dlt_{it}	distância entre uma localidade $i \in Cid$ e uma localidade $t \in Cand$, em km
$dt_{t_1 t_2}$	distância entre as localidades $t_1, t_2 \in Cand$, em km
dct_{tu}	distância entre uma localidade $t \in Cand$ e o CTR u , em km
$CFixoTransb_t$	custo fixo de instalação de transbordo na localidade $t \in Cand$, em R\$/dia
$COpTransb_t$	custo operacional relativo ao uso do transbordo na localidade $t \in Cand$, em R\$/dia
$CFixoUTC_t$	custo fixo de instalação de transbordo na UTC $t \in UTC$, em R\$/dia
$COpUTC_t$	custo operacional relativo ao uso do transbordo ativo na UTC $t \in Cand$, em R\$/dia
$QLixo_i$	quantidade de lixo produzido pela localidade $i \in Cid$, em t/dia
$tsimula$	tempo de simulação, em anos
$FreteCidCand_{it}$	frete para transportar o lixo da localidade $i \in Cid$ à localidade $t \in Cand$, em R\$/kg/dia
$FreteCandCand_{t_1 t_2}$	frete para transportar o lixo da localidade $t_1 \in Cand$ à localidade $t_2 \in Cand$, em R\$/kg/dia
$FreteCandCTR_{tu}$	frete para transportar o lixo da localidade $t \in Cand$ ao CTR $u \in CTR$, em R\$/kg/dia
$BigM$	numero inteiro positivo arbitrariamente grande
pop_i	população da localidade $i \in Cid$
$CapMax_k$	capacidade máxima de produção de um CTR na configuração k , com $k \leq nfaixas$, em M/dia
$TransbExist_t$	assume o valor 1 se na localidade $t \in Cand$ já existe um transbordo instalado e 0, caso contrário
$CandTransb_t$	assume o valor 1 se a localidade $t \in Cand$ é candidata a sediar um ponto de transbordo e 0, caso contrário
$perReciclagem_t$	percentual de reciclagem de lixo na localidade $t \in UTC \subset Cand$
$PredUTC_{it}$	assume o valor 1 se a localidade $i \in Cid$ é a predecessora da UTC $t \in UTC \subset Cand$ e 0, caso contrário
$SucUTC_{t_1 t_2}$	assume o valor 1 se a localidade $t_2 \in UTC \subset Cand$ é sucessora da UTC $t_1 \in UTC \subset Cand$ e 0, caso contrário
$EhUTC_t$	assume o valor 1 se a localidade $t \in UTC \subset Cand$ é uma UTC e 0, caso contrário
$EhCandCTR_t$	assume o valor 1 se a localidade $t \in CTR$ é candidata a sediar um CTR e 0, caso contrário
$UTCcomTransb_t$	assume o valor 1 se a localidade $t \in UTC \subset Cand$ já tem um transbordo instalado e 0, caso contrário
gf_k	gatefee da CTR na configuração k , em R\$/t
$ProdMinCTR_u$	produtividade mínima admitida para a CTR u que for instalada
$cmaxgf$	custo máximo recomendado para o gatefee, em R\$/t
$PodeAtivarMaisdeumTipoCTR$	assume o valor 1 se for permitido ativar mais de uma configuração de CTR em uma mesma localidade
$ObrigaUsarTransbdaUTC$	assume o valor 1 se for obrigado a usar os transbordos existentes das localidades que têm UTCs instaladas
$L_{u,k}$	quantidade de CTRs na configuração k instaladas na CTR u
$DistMax$	distância máxima permitida, em km, para uma cidade encaminhar o lixo por ela produzido a uma CTR
$QuantMinTransbordo_t$	quantidade mínima de lixo, em t/dia, que deve trafegar em um ponto de transbordo $t \in Cand$ para justificar operacionalmente a sua ativação

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 10 - Variáveis de decisão da análise locacional.

Cid	conjunto de localidades produtoras de RSU
dlt_{it}	distância entre uma localidade $i \in Cid$ e uma localidade $t \in Cand$, em km
$dtt_{t_1 t_2}$	distância entre as localidades $t_1, t_2 \in Cand$, em km
dlt_{tu}	distância entre uma localidade $t \in Cand$ e o CTR u , em km
$CFixoTransb_t$	custo fixo de instalação de transbordo na localidade $t \in Cand$, em R\$/dia
$COpTransb_t$	custo operacional relativo ao uso do transbordo na localidade $t \in Cand$, em R\$/dia
$CFixoUTC_t$	custo fixo de instalação de transbordo na UTC $t \in UTC$, em R\$/dia
$COpUTC_t$	custo operacional relativo ao uso do transbordo ativo na UTC $t \in Cand$, em R\$/dia
$QLixo_i$	quantidade de lixo produzido pela localidade $i \in Cid$, em t/dia
$tsimula$	tempo de simulação, em anos
$FreteCidCand_{it}$	frete para transportar o lixo da localidade $i \in Cid$ à localidade $t \in Cand$, em R\$/kg/dia
$FreteCandCand_{t_1 t_2}$	frete para transportar o lixo da localidade $t_1 \in Cand$ à localidade $t_2 \in Cand$, em R\$/kg/dia
$FreteCandCTR_{tu}$	frete para transportar o lixo da localidade $t \in Cand$ ao CTR $u \in CTR$, em R\$/kg/dia
$BigM$	numero inteiro positivo arbitrariamente grande
pop_i	população da localidade $i \in Cid$
$CapMax_k$	capacidade máxima de produção de um CTR na configuração k , com $k \leq nfaixas$, em M ³ /dia
$TransbExist_t$	assume o valor 1 se na localidade $t \in Cand$ já existe um transbordo instalado e 0, caso contrário
$CandTransb_t$	assume o valor 1 se a localidade $t \in Cand$ é candidata a sediar um ponto de transbordo e 0, caso contrário
$perReciclagem_t$	percentual de reciclagem de lixo na localidade $t \in UTC \subset Cand$
$PredUTC_{it}$	assume o valor 1 se a localidade $i \in Cid$ é a predecessora da UTC $t \in UTC \subset Cand$ e 0, caso contrário
$SucUTC_{t_1 t_2}$	assume o valor 1 se a localidade $t_2 \in UTC \subset Cand$ é sucessora da UTC $t_1 \in UTC \subset Cand$ e 0, caso contrário
$EhUTC_t$	assume o valor 1 se a localidade $t \in UTC \subset Cand$ é uma UTC e 0, caso contrário
$EhCandCTR_t$	assume o valor 1 se a localidade $t \in CTR$ é candidata a sediar um CTR e 0, caso contrário
$UTCcomTransb_t$	assume o valor 1 se a localidade $t \in UTC \subset Cand$ já tem um transbordo instalado e 0, caso contrário
gf_k	gatefee da CTR na configuração k , em R\$/t
$ProdMinCTR_u$	produtividade mínima admitida para a CTR u que for instalada
$cmaxgf$	custo máximo recomendado para o gatefee, em R\$/t
$PodeAtivarMaisdeumTipoCTR$	assume o valor 1 se for permitido ativar mais de uma configuração de CTR em uma mesma localidade
$ObrigaUsarTransbdaUTC$	assume o valor 1 se for obrigado a usar os transbordos existentes das localidades que têm UTCs instaladas
Lu_{uk}	quantidade de CTRs na configuração k instaladas na CTR u
$DistMax$	distância máxima permitida, em km, para uma cidade encaminhar o lixo por ela produzido a uma CTR
$QuantMinTransbordo_t$	quantidade mínima de lixo, em t/dia, que deve trafegar em um ponto de transbordo $t \in Cand$ para justificar operacionalmente a sua ativação

Fonte: Elaboração própria.

A função objetivo (1) visa a minimização do custo total e é composta por 10 parcelas. Na primeira delas, o objetivo é minimizar o custo de transporte de resíduos de uma localidade $i \hat{=} Cid$ a uma localidade $t \hat{=} Cand$. A segunda parcela visa a minimização do custo de transporte de resíduos entre duas localidades $t_1, t_2 \hat{=} Cand$, enquanto a terceira parcela visa a minimização do custo de transporte de resíduos de uma localidade $t \hat{=} Cand$ ao CTR u . A quarta e quinta parcelas têm por objetivos reduzir os custos fixos e operacionais, respectivamente, de transformar e ativar uma localidade em ponto de transbordo. A sexta e sétima parcelas, por sua vez, têm por objetivo reduzir os custos fixos e operacionais, respectivamente, de transformação de uma UTC em ponto de transbordo. A oitava e nona parcelas buscam minimizar a ativação de UTCs e localidades $t \hat{=} Cand$ em transbordo, respectivamente. A décima e última parcela, por sua vez, tem por objetivo minimizar o desvio do gate-fee em relação ao valor máximo estabelecido para o valor desse parâmetro.

$$\begin{aligned}
 \min z = & \sum_{i \in Cid} \sum_{t \in Cand} \frac{FreteCidCand_{it} \times dlt_{it} \times x_{it}}{percReciclagem_i} + \\
 & \sum_{t_1 \in Cand} \sum_{t_2 \in Cand} FreteCandCand_{t_1 t_2} \times dlt_{t_1 t_2} \times y_{t_1 t_2} + \\
 & \sum_{t \in Cand} \sum_{u \in CTR \mid EhCandCTR_u=1} FreteCandCTR_{tu} \times dtc_{tu} \times w_{tu} + \\
 & \sum_{t \in Cand \mid EhUTC_t \neq 1} \frac{(1 - TransbExist_t) \times CFixoTransb_t}{365 \times 30} \times TransfCidTransb_t + \\
 & \sum_{t \in Cand \mid EhUTC_t \neq 1} COpTransb_t \times TransfCidTransb_t + \\
 & \sum_{t \in Cand \mid EhUTC_t = 1} CFixoUTC_t \times TransfUTCTransb_t + \\
 & \sum_{t \in Cand \mid EhUTC_t = 1} COpUTC_t \times TransfUTCTransb_t + \\
 & \sum_{t \in Cand} TransfUTCTransb_t + \\
 & \sum_{t \in Cand} TransfCidTransb_t + \\
 & \text{desvioGateFee} \quad (1)
 \end{aligned}$$

As equações (2) a (36) representam as restrições da formulação PLIM proposta.

As restrições (2) determinam a quantidade de resíduos que sai de cada localidade em direção à sua UTC. As restrições (3) armazenam na variável auxiliar *ChegouUTC* a quantidade de resíduos de uma localidade que tem UTC. As restrições (4) impõem que se for obrigado a usar o transbordo da localidade que tem UTC, então o transbordo dessa localidade recebe tudo o que vem da UTC. As restrições (5) impedem que o resíduo que vai para o transbordo de uma localidade que tem UTC retorne à UTC. As restrições (6) garantem que a quantidade de resíduos que sai de uma localidade deve ser igual à que ela produz.

$$x_{it_1} = \frac{pop_i \times QLixo_i}{1000} \times (1 - perReciclagem_i) \quad \forall i \in Cid, \quad (2)$$

$$\forall t_1 \in Cand \mid EhUTC_{t_1} = 1 \text{ e } PredUTC_{it_1} = 1$$

$$ChegouUTC_{t_1} = x_{it_1} \quad \forall i \in Cid, \quad (3)$$

$$\forall t_1 \in Cand \mid EhUTC_{t_1} = 1, PredUTC_{it_1} = 1$$

$$y_{t_1t_2} = ChegouUTC_{t_1} \quad \forall t_1 \in Cand \mid UTCcomTransb_{t_1} = 1, \quad (4)$$

$$ObrigaUsarTransbdaUTC = 1, \quad \forall t_2 \in Cand \mid SucUTC_{t_1t_2} = 1$$

$$y_{t_2t_1} = 0 \quad \forall t_1 \in Cand \mid UTCcomTransb_{t_1} = 1, \quad (5)$$

$$ObrigaUsarTransbdaUTC = 1, \quad \forall t_2 \in Cand \mid SucUTC_{t_1t_2} = 1$$

$$\sum_{t \in Cand_t \mid CandTrans_t=1} x_{it} = \frac{pop_i \times QLixo_i}{1000} \times (1 - perReciclagem_i) \quad \forall i \in Cid \quad (6)$$

As restrições (7) garantem que a quantidade de resíduos que chega a um ponto de transbordo deve ser igual ao que sai desse ponto. As restrições (8) estabelecem que a quantidade de resíduos que entra em cada ponto de transbordo deve ser igual à que sai para todos os CTR candidatos. As restrições (9) impedem que a quantidade de resíduos que um CTR candidato pode processar ultrapasse sua capacidade máxima de processamento. As restrições (10) estabelecem a produção nominal dos CTR instalados. As restrições (11) calculam a quantidade de desvio em relação ao gate-fee máximo previamente estipulado. As restrições (12) determinam a quantidade de resíduos processada em cada CTR candidato. As restrições (13) garantem que a produtividade mínima de cada CTR candidato seja atendida.

$$\sum_{i \in \text{Cid}} x_{it_1} = \sum_{t_2 \in \text{Cand}} y_{t_1 t_2} \quad \forall t_1 \in \text{Cand} \mid \text{CandTransb}_{t_1} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{t_1 \in \text{Cand} \mid \text{CandTransb}_{t_1} = 1} y_{t_1 t_2} = \sum_{u \in \text{CTR} \mid \text{EhCandCTR}_u = 1} w_{t_2 u} \quad \forall t_2 \in \text{Cand} \mid \text{CandTransb}_{t_2} = 1 \quad (8)$$

$$\sum_{t_2 \in \text{Cand} \mid \text{CandTransb}_{t_2} = 1} w_{t_2 u} \leq \sum_{k=1}^{n\text{faixas}} \text{CapMax}_k \times Lu_{uk} \quad \forall u \in \text{CTR} \mid \text{EhCandCTR}_u = 1 \quad (9)$$

$$\text{prod}_k = \sum_{u \in \text{CTR} \mid \text{EhCandCTR}_u = 1} Lu_{uk} \times \text{CapMax}_k \quad \forall k = 1, \dots, n\text{faixas} \quad (10)$$

$$(\text{gt}_k - \text{cmaxgf}) \times \text{prod}_k - \text{desvioGateFee} \leq 0 \quad \forall k = 1, \dots, n\text{faixas} \quad (11)$$

$$\text{RSU}_u = \sum_{t_2 \in \text{Cand} \mid \text{CandTransb}_{t_2} = 1} w_{t_2 u} \quad \forall u \in \text{CTR} \mid \text{EhCandCTR}_u = 1 \quad (12)$$

$$\text{RSU}_u \geq \text{ProdMinCTR} \times \sum_{k=1}^{n\text{faixas}} Lu_{uk} \times \text{CapMax}_k \quad \forall u \in \text{CTR} \mid \text{EhCandCTR}_u = 1 \quad (13)$$

As restrições (14) estabelecem que em cada CTR candidato só deve ser instalada uma única configuração de CTR caso o parâmetro *PodeAtivarMaisdeumCTR* não esteja ativo, isto é, seu valor seja fixado em 0 (zero). As restrições (15) determinam as quantidades de resíduos que chegam a cada ponto candidato de transbordo $t \in \text{Cand}$. Já as restrições (16) calculam as quantidades de resíduos que saem desse mesmo ponto candidato a transbordo em direção aos CTR candidatos.

$$\sum_{k=1}^{n\text{faixas}} Lu_{uk} \leq 1 \quad \forall u \in \text{CTR} \mid \text{EhCandCTR}_u = 1, \text{ PodeAtivarVariosCTRs}_u = 0 \quad (14)$$

$$\text{ChegouTransb}_t = \sum_{i \in \text{Cid}} x_{it} \quad (15)$$

$$\text{SaiuTransb}_t = \sum_{u \in \text{CTR} \mid \text{EhCandCTR}_u = 1} w_{tu} \quad (16)$$

As restrições (17) verificam se uma localidade que tem UTC recebeu resíduos na segunda camada, enquanto que as restrições (18) fazem essa verificação na terceira camada.

$$\text{TransfUTCTransb}_t \geq \frac{\text{ChegouTransb}_t - \text{ChegouUTC}_t}{\text{BigM}} \quad \forall t \in \text{Cand} \mid \text{EhUTC}_t = 1 \quad (17)$$

$$\text{TransfUTCTransb}_t \geq \frac{\text{SaiuTransb}_t - \text{ChegouUTC}_t}{\text{BigM}} \quad \forall t \in \text{Cand} \mid \text{EhUTC}_t = 1 \quad (18)$$

As restrições (19) determinam a quantidade de resíduos que saiu de um CTR na segunda camada, enquanto que as restrições (20) calculam a quantidade

resíduos que saiu na terceira camada. As restrições (21), (22) e (23) verificam se uma localidade que não é UTC e nem CTR recebeu resíduos na segunda ou terceira camada ou na quarta camada, respectivamente.

$$SaiuCTRC1 = \sum_{t_2 \in Cand \mid t_2 \neq t} y(t, t_2) \quad \forall t \in Cand > n_{Cand} - n_{CTR} \quad (19)$$

$$SaiuCTRC2 = \sum_{u \in CTR \mid u \neq (t + n_{CTR} - n_{Cand})} w(t, u) \quad \forall t \in Cand > n_{Cand} - n_{CTR} \quad (20)$$

$$TransfCidTransb(t) \geq \frac{Chegout1(t)}{BigM} \quad \forall t \in Cand \mid EhUTC \neq 1, t < (n_{Cand} - n_{CTR}) \quad (21)$$

$$TransfCidTransb(t) \geq \frac{Chegout2(t)}{BigM} \quad \forall t \in Cand \mid EhUTC \neq 1, t < (n_{Cand} - n_{CTR}) \quad (22)$$

$$TransfCidTransb(t) \geq \frac{Saiut(t)}{BigM} \quad \forall t \in Cand \mid EhUTC \neq 1, t < (n_{Cand} - n_{CTR}) \quad (23)$$

As restrições (24) e (25) verificam se houve tráfego de resíduos de um CTR para outro ponto candidato na segunda ou terceira camada, respectivamente. As restrições (26) impedem que uma mesma localidade seja transformada em ponto de transbordo mais de uma vez. As restrições (27) sinalizam que, se houver transporte de resíduos de uma cidade $i \hat{=} Cid$ a um ponto $t \hat{=} Cand$ candidato a transbordo, então a variável binária $xbin_{it}$ assume o valor 1. Já as restrições (28) asseguram que, se houver transporte de resíduos de uma cidade entre dois pontos $t_1, t_2 \hat{=} Cand$ candidatos a transbordo, então a variável binária $ybin_{t_1t_2}$ assume o valor 1. Por sua vez, as restrições (29) indicam que, havendo transporte de resíduos de um ponto $t \hat{=} Cand$ candidato a transbordo a um ponto $u \hat{=} CTR$ candidato a CTR, então a variável binária $wbin_{tu}$ assume o valor 1. As restrições (30) impedem que o deslocamento máximo com a operação de transporte de resíduos de uma cidade a um CTR seja maior que $DistMax$.

$$TransfCidTransb(t) \geq \frac{SaiuCTRC1(t)}{BigM} \quad \forall t \in Cand \mid EhUTC \neq 1, t \geq (n_{Cand} - n_{CTR}) \quad (24)$$

$$TransfCidTransb(t) \geq \frac{SaiuCTRC2(t)}{BigM} \quad \forall t \in Cand \mid EhUTC \neq 1, t \geq (n_{Cand} - n_{CTR}) \quad (25)$$

$$TransfUTCTransb_t + TransfCidTransb_t \leq 1 \quad \forall t \in Cand \quad (26)$$

$$w(t, u) = 0 \quad \forall t \in Cand, \forall u \in EhUTC \neq 1 \quad (27)$$

$$Lu_{uk} \in \mathbb{Z}^+ \quad \forall u \in CTR \mid EhCandCTR_u = 1, k = 1, \dots, n_{faixas} \quad (28)$$

$$TransfUTCTransb_t \in \{0, 1\} \quad \forall t \in Cand \quad (29)$$

$$TransfCidTransb_t \in \{0, 1\} \quad \forall t \in Cand \quad (30)$$

As restrições (31) asseguram que se uma localidade $t \in Cand$ for ativada como ponto de transbordo, e se ela não for uma UTC e nem uma candidata a CTR e, além disso, a variável $ObrigaUsarTransbdaUTC$ não estiver ativada, isto é, não for obrigado a usar essa localidade como ponto de transbordo, então a quantidade de resíduos que passa por ela deve ser de no mínimo $QuantMinTransbordo_t$ t/dia. Nas mesmas circunstâncias anteriores, as restrições (32) asseguram que se uma localidade $t \in Cand$ for ativada como ponto de transbordo, então a quantidade mínima de resíduos que passa por ela deve ser de pelo menos $QuantMinTransbordo_t$ t/dia.

$$x_{it} \geq 0 \quad \forall i \in Cid, t \in Cand \quad (31)$$

$$y_{t_1 t_2} \geq 0 \quad \forall t_1, t_2 \in Cand \quad (32)$$

$$w_{tu} \geq 0 \quad \forall t \in Cand, u \in CTR \mid EhCandCTR_u = 1 \quad (33)$$

As restrições (33) obrigam a não enviar resíduos para as localidades que não forem candidatas a sediar um CTR.

$$w_{tu} \geq 0 \quad \forall t \in Cand, u \in CTR \mid EhCandCTR_u = 1 \quad (33)$$

Por fim, as restrições (34)-(36) definem o domínio das variáveis de decisão.

$$ChegouUTC_t \geq 0 \quad \forall t \in Cand \quad (34)$$

$$ChegouTransb_t \geq 0 \quad \forall t \in Cand \quad (35)$$

$$SaiuTransb_t \geq 0 \quad \forall t \in Cand \quad (36)$$

5.3. Avaliação de Cenários (Prognóstico)

A avaliação da logística e localização de infraestruturas (transbordos) foi realizada a partir das informações do prognóstico realizado para o território CIMVALPI, conforme capítulo 06 do Produto 08 (Proposição de Modelo de Gestão para o Sistema Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos).

Os Cenários Tendencial, Desejável e de Aplicação foram avaliados conforme quantitativos populacionais, de geração de resíduos e de índices de reciclagem e compostagem definidos para cada cenário.

Considera-se que a infraestrutura é fixa e deve atender aos municípios por todo o período previsto no PIGIRS, ou seja, 30 anos. Desta forma, os modelos foram simulados para os picos de geração de resíduos, ou seja, podem não considerar o pico de população de cada cenário, uma vez que os índices de reciclagem e

compostagem, bem como as ações para redução da geração de resíduos serão mais efetivas ao longo do tempo com a aplicação dos programas, metas e ações definidas no IGIRS.

A seguir estão apresentados os picos de geração de resíduos para os cenários 01 (Tendencial), 02 (Desejável) e 03 (de Aplicação) definidos no prognóstico IGIRS e apresentados na Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15, respectivamente.

Tabela 13 - Pico de geração de resíduos sólidos para o Cenário 1, referente à projeção de 2050.

Município	População	Coleta Convencional (% atend.)	Coleta Seletiva (% atend.)	RSD								RLU				RSU					
				Ger. Per capita (kg hab.dia)	Geração (t.dia)	Geração (t.ano)	Coletado (t.ano)	Índice de Reciclagem (%)	Índice de compostagem (%)	Total RSD reciclado (t.ano)	Total RSD compostado (t.ano)	Total destinado ao CTRS (t.ano)	RLU_Geração (t.dia)	RLU_Geração (t.ano)	RLU_Total Compostado (t.ano)	RLU_Rejeito (t.ano)	RSU Gerado	RSU Coletado	Desvio de aterro	CTRS	Desvio de aterro (%)
Abre Campo	14.721	86%	100%	0,501	7,4	2694,6	2328,4	10,6%	0,13%	72,8	1,6	2254,0	1,1	404,2	0,5	403,7	3098,7	2732,5	74,8	2657,8	3%
Acaiaca	4.335	100%	0%	0,290	1,3	459,4	459,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	459,4	0,2	68,9	0,0	68,9	528,3	528,3	0,0	528,3	0%
Alvinópolis	16.877	100%	0%	0,534	9,0	3291,0	3291,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	3291,0	1,4	493,7	0,0	493,7	3784,7	3784,7	0,0	3784,7	0%
Amparo da Serra	5.588	86%	0%	0,432	2,4	880,4	754,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	754,4	0,4	132,1	0,0	132,1	1012,5	886,5	0,0	886,5	0%
Araponga	9.015	100%	0%	0,147	1,3	482,6	482,6	0,0%	0,00%	0,0	0,0	482,6	0,2	72,4	0,0	72,4	555,0	555,0	0,0	555,0	0%
Barra Longa	6.794	100%	0%	0,360	2,4	893,9	893,9	0,0%	0,00%	0,0	0,0	893,9	0,4	134,1	0,0	134,1	1028,0	1028,0	0,0	1028,0	0%
Cajuri	4.476	100%	0%	0,813	3,6	1328,1	1328,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1328,1	0,5	199,2	0,0	199,2	1527,3	1527,3	0,0	1527,3	0%
Canaã	5.118	100%	0%	0,256	1,3	478,4	478,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	478,4	0,2	71,8	0,0	71,8	550,1	550,1	0,0	550,1	0%
Caputira	9.986	100%	0%	0,581	5,8	2116,7	2116,7	0,0%	0,00%	0,0	0,0	2116,7	0,9	317,5	0,0	317,5	2434,2	2434,2	0,0	2434,2	0%
Coimbra	7.801	100%	0%	0,394	3,1	1121,1	1121,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1121,1	0,5	168,2	0,0	168,2	1289,2	1289,2	0,0	1289,2	0%
Desterro de Entre Rios	7.744	56%	0%	0,755	5,8	2133,7	1199,6	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1199,6	0,9	320,1	0,0	320,1	2453,7	1519,6	0,0	1519,6	0%
Diogo de Vasconcelos	4.205	87%	0%	0,128	0,5	195,9	170,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	170,0	0,1	29,4	0,0	29,4	225,3	199,3	0,0	199,3	0%
Dom Silvério	5.746	78%	100%	0,864	5,0	1811,5	1414,8	84,3%	0,00%	341,1	0,0	1073,7	0,7	271,7	0,0	271,7	2083,3	1686,5	341,1	1345,4	20%
Guaraciaba	11.306	86%	0%	0,144	1,6	594,1	512,7	29,6%	0,00%	44,8	0,0	467,8	0,2	89,1	0,0	89,1	683,2	601,8	44,8	556,9	7%
Itabirito	50.262	100%	100%	1,329	66,8	24389,7	24389,7	19,9%	0,00%	1409,8	0,0	22979,9	10,0	3658,5	0,0	3658,5	28048,2	28048,2	1409,8	26638,4	5%
Jequeri	14.209	57%	0%	1,039	14,8	5390,8	3060,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	3060,0	2,2	808,6	0,0	808,6	6199,4	3868,6	0,0	3868,6	0%
Mariana	59.961	98%	76%	0,757	45,4	16570,0	16168,0	20,7%	0,00%	972,5	0,0	15195,6	6,8	2485,5	0,0	2485,5	19055,6	18653,5	972,5	17681,1	5%
Matipó	19.507	100%	90%	1,056	20,6	7517,4	7517,4	12,0%	0,00%	266,3	0,0	7251,2	3,1	1127,6	0,0	1127,6	8645,0	8645,0	266,3	8378,8	3%
Oratórios	4.969	72%	0%	0,745	3,7	1350,8	974,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	974,4	0,6	202,6	0,0	202,6	1553,5	1177,1	0,0	1177,1	0%
Ouro Preto	77.724	98%	20%	0,817	63,5	23167,8	22613,8	10,6%	0,00%	694,9	0,0	21918,9	9,5	3475,2	0,0	3475,2	26642,9	26089,0	694,9	25394,1	3%
Paula Cândido	10.253	100%	0%	0,613	6,3	2294,8	2294,8	30,4%	0,05%	206,4	0,5	2087,9	0,9	344,2	0,1	344,1	2639,1	2639,1	207,1	2432,0	8%
Pedra do Anta	3.721	65%	0%	0,610	2,3	829,1	540,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	540,1	0,3	124,4	0,0	124,4	953,4	664,4	0,0	664,4	0%
Piedade de Ponte Nova	4.492	99%	0%	0,941	4,2	1542,5	1525,7	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1525,7	0,6	231,4	0,0	231,4	1773,8	1757,1	0,0	1757,1	0%
Ponte Nova	63.468	98%	13%	0,805	51,1	18636,9	18233,9	3,7%	0,00%	197,4	0,0	18036,5	7,7	2795,5	0,0	2795,5	21432,5	21029,5	197,4	20832,1	1%
Porto Firme	11.520	52%	0%	0,650	7,5	2734,8	1414,9	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1414,9	1,1	410,2	0,0	410,2	3145,0	1825,2	0,0	1825,2	0%
Raul Soares	26.341	76%	40%	1,040	27,4	10002,8	7552,8	19,1%	0,21%	420,2	7,8	7124,8	4,1	1500,4	2,7	1497,7	11503,2	9053,2	430,7	8622,5	5%
Rio Casca	15.705	91%	100%	0,273	4,3	1565,2	1423,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1423,0	0,6	234,8	0,0	234,8	1800,0	1657,8	0,0	1657,8	0%
Rio Doce	2.726	98%	0%	0,455	1,2	452,6	445,1	45,6%	3,59%	66,7	5,0	373,4	0,2	67,9	2,1	65,8	520,5	513,0	73,8	439,3	14%
Santa Cruz do Escalvado	5.521	87%	0%	0,232	1,3	468,4	407,2	38,3%	0,77%	51,2	1,0	355,0	0,2	70,3	0,5	69,8	538,7	477,5	52,6	424,8	11%
Santo Antônio do Gramma	4.518	88%	100%	0,603	2,7	994,6	871,9	56,1%	10,80%	160,6	29,7	681,6	0,4	149,2	13,6	135,6	1143,8	1021,1	203,9	817,2	20%
São José do Goiabal	6.233	83%	0%	0,526	3,3	1196,7	994,1	81,8%	87,52%	232,5	309,7	451,9	0,5	179,5	132,9	46,6	1376,2	1173,6	675,1	498,5	58%
São Pedro dos Ferros	9.241	81%	0%	0,581	5,4	1958,7	1590,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1590,0	0,8	293,8	0,0	293,8	2252,5	1883,8	0,0	1883,8	0%
Sem-Peixe	3.149	67%	0%	0,473	1,5	543,6	364,5	0,0%	0,00%	0,0	0,0	364,5	0,2	81,5	0,0	81,5	625,2	446,1	0,0	446,1	0%
Sericita	7.883	76%	0%	0,936	7,4	2693,4	2049,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	2049,1	1,1	404,0	0,0	404,0	3097,4	2453,1	0,0	2453,1	0%
Teixeiras	12.558	74%	0%	0,457	5,7	2096,3	1545,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1545,1	0,9	314,4	0,0	314,4	2410,7	1859,6	0,0	1859,6	0%
Urucânia	11.381	100%	0%	0,568	6,5	2359,9	2359,9	18,9%	0,00%	132,0	0,0	2228,0	1,0	354,0	0,0	354,0	2713,9	2713,9	132,0	2581,9	5%
Vermelho Novo	5.186	39%	0%	0,581	3,0	1099,1	434,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	434,1	0,5	164,9	0,0	164,9	1264,0	599,0	0,0	599,0	0%
Viçosa	79.869	99%	30%	0,830	66,3	24187,4	23858,2	17,5%	0,00%	1214,6	0,0	22643,6	9,9	3628,1	0,0	3628,1	27815,5	27486,3	1214,6	26271,7	4%
Visconde do Rio Branco	41.960	100%	0%	1,161	48,7	17787,5	17787,5	0,0%	0,00%	0,0	0,0	17787,5	7,3	2668,1	0,0	2668,1	20455,6	20455,6	0,0	20455,6	0%
Total	666.067	92%	32%	0,783	521,4	190312,2	176966,3	12,1%	0,93%	6483,7	355,3	170127,3	78,2	28546,8	152,4	28394,5	218859,0	205513,1	6991,4	198521,8	3%

Município	População	Coleta Convencional (%atend.)	Coleta Seletiva (%atend.)	RSD							RLU				RSU						
				Ger. Per capita (kg hab.dia)	Geração (t.dia)	Geração (t.ano)	Coletado (t.ano)	Índice de Reciclagem (%)	Índice de compostagem (%)	Total RSD reciclado (t.ano)	Total RSD compostado (t.ano)	Total destinado ao CTRS (t.ano)	RLU_Geração (t.dia)	RLU_Geração (t.ano)	RLU_Total Compostado (t.ano)	RLU_Rejeito (t.ano)	RSU Gerado	RSU Coletado	Desvio de aterro	CTRS	Desvio de aterro (%)
Abre Campo	14.422	97%	100%	0,438	6,32	2307,3	2236,0	16,2%	0,13%	107,3	1,5	2127,2	0,95	346,1	0,4	345,7	346,5	2582,1	109,2	2472,9	4%
Acaiaca	4.247	100%	0%	0,254	1,08	393,4	393,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	393,4	0,16	59,0	0,0	59,0	59,3	452,4	0,0	452,4	0%
Alvinópolis	16.535	100%	0%	0,467	7,72	2818,1	2818,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	2818,1	1,16	422,7	0,0	422,7	423,2	3240,8	0,0	3240,8	0%
Amparo da Serra	5.475	96%	0%	0,377	2,07	753,9	725,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	725,1	0,31	113,1	0,0	113,1	113,5	838,2	0,0	838,2	0%
Araponga	8.833	100%	0%	0,128	1,13	413,2	413,2	0,0%	0,00%	0,0	0,0	413,2	0,17	62,0	0,0	62,0	62,1	475,2	0,0	475,2	0%
Barra Longa	6.656	100%	0%	0,315	2,10	765,5	765,5	0,0%	0,00%	0,0	0,0	765,5	0,31	114,8	0,0	114,8	115,1	880,3	0,0	880,3	0%
Cajuri	4.385	100%	0%	0,711	3,12	1137,2	1137,2	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1137,2	0,47	170,6	0,0	170,6	171,3	1307,8	0,0	1307,8	0%
Canaã	5.014	100%	0%	0,224	1,12	409,6	409,6	0,0%	0,00%	0,0	0,0	409,6	0,17	61,4	0,0	61,4	61,7	471,1	0,0	471,1	0%
Caputira	9.784	100%	0%	0,508	4,97	1812,5	1812,5	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1812,5	0,74	271,9	0,0	271,9	272,4	2084,4	0,0	2084,4	0%
Coimbra	7.643	100%	0%	0,344	2,63	960,0	960,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	960,0	0,39	144,0	0,0	144,0	144,3	1104,0	0,0	1104,0	0%
Desterro de Entre Rios	7.587	73%	0%	0,660	5,01	1827,1	1328,7	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1328,7	0,75	274,1	0,0	274,1	274,7	1602,7	0,0	1602,7	0%
Diogo de Vasconcelos	4.119	96%	0%	0,112	0,46	167,8	161,9	0,0%	0,00%	0,0	0,0	161,9	0,07	25,2	0,0	25,2	25,3	187,1	0,0	187,1	0%
Dom Silvério	5.630	95%	100%	0,755	4,25	1551,2	1467,4	85,3%	0,00%	358,0	0,0	1109,4	0,64	232,7	0,0	232,7	233,4	1700,1	358,0	1342,1	21%
Guaraciaba	11.077	96%	0%	0,126	1,39	508,7	490,1	32,6%	0,00%	47,2	0,0	442,9	0,21	76,3	0,0	76,3	76,4	566,4	47,2	519,2	8%
Itabirito	49.244	100%	100%	1,162	57,22	20884,9	20884,9	22,9%	0,00%	1389,5	0,0	19495,3	8,58	3132,7	0,0	3132,7	3133,9	24017,6	1389,5	22628,1	6%
Jequeri	13.921	73%	0%	0,908	12,65	4616,1	3361,2	0,0%	0,00%	0,0	0,0	3361,2	1,90	692,4	0,0	692,4	693,3	4053,6	0,0	4053,6	0%
Mariana	58.746	99%	83%	0,662	38,87	14188,9	14057,5	23,7%	0,00%	968,2	0,0	13089,3	5,83	2128,3	0,0	2128,3	2129,0	16185,8	968,2	15217,6	6%
Matipó	19.112	100%	93%	0,923	17,64	6437,2	6437,2	15,0%	0,00%	285,2	0,0	6152,0	2,65	965,6	0,0	965,6	966,5	7402,7	285,2	7117,6	4%
Oratórios	4.868	83%	0%	0,651	3,17	1156,7	955,9	0,0%	0,00%	0,0	0,0	955,9	0,48	173,5	0,0	173,5	174,2	1129,4	0,0	1129,4	0%
Ouro Preto	76.149	99%	29%	0,714	54,35	19838,5	19661,8	16,2%	0,00%	927,9	0,0	18733,9	8,15	2975,8	0,0	2975,8	2976,5	22637,5	927,9	21709,6	4%
Paula Cândido	10.045	100%	0%	0,536	5,38	1965,1	1965,1	33,4%	0,05%	194,2	0,5	1770,4	0,81	294,8	0,1	294,6	295,3	2259,8	194,8	2065,1	9%
Pedra do Anta	3.646	78%	0%	0,533	1,95	709,9	554,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	554,0	0,29	106,5	0,0	106,5	107,0	660,5	0,0	660,5	0%
Piedade de Ponte Nova	4.401	100%	0%	0,822	3,62	1320,8	1317,2	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1317,2	0,54	198,1	0,0	198,1	198,9	1515,3	0,0	1515,3	0%
Ponte Nova	62.182	99%	24%	0,703	43,72	15958,8	15872,5	8,2%	0,00%	379,7	0,0	15492,8	6,56	2393,8	0,0	2393,8	2394,5	18266,3	379,7	17886,6	2%
Porto Firme	11.287	70%	0%	0,568	6,42	2341,8	1633,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1633,1	0,96	351,3	0,0	351,3	351,8	1984,4	0,0	1984,4	0%
Raul Soares	25.807	85%	43%	0,909	23,47	8565,4	7238,3	23,6%	0,21%	497,5	7,5	6733,4	3,52	1284,8	2,3	1282,5	1285,7	8523,1	507,3	8015,9	6%
Rio Casca	15.387	98%	100%	0,239	3,67	1340,3	1309,8	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1309,8	0,55	201,0	0,0	201,0	201,3	1510,9	0,0	1510,9	0%
Rio Doce	2.671	100%	0%	0,398	1,06	387,5	386,0	48,6%	8,39%	61,6	10,2	314,2	0,16	58,1	4,1	54,0	58,5	444,1	75,9	368,2	17%
Santa Cruz do Escalvado	5.409	97%	0%	0,203	1,10	401,1	388,0	41,3%	0,77%	52,6	0,9	334,5	0,16	60,2	0,4	59,8	60,4	448,2	53,9	394,3	12%
Santo Antônio do Gramma	4.426	97%	100%	0,527	2,33	851,7	825,4	59,1%	13,80%	160,2	35,9	629,3	0,35	127,8	14,9	112,8	128,3	953,2	211,0	742,2	22%
São José do Goiabal	6.107	96%	0%	0,460	2,81	1024,7	981,4	84,8%	89,52%	237,9	312,7	430,7	0,42	153,7	116,4	37,3	154,2	1135,1	667,1	468,0	59%
São Pedro dos Ferros	9.054	95%	0%	0,508	4,60	1677,2	1598,3	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1598,3	0,69	251,6	0,0	251,6	252,1	1849,9	0,0	1849,9	0%
Sem-Peixe	3.085	79%	0%	0,413	1,28	465,5	369,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	369,4	0,19	69,8	0,0	69,8	70,2	439,2	0,0	439,2	0%
Sericita	7.723	85%	0%	0,818	6,32	2306,3	1961,5	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1961,5	0,95	345,9	0,0	345,9	346,8	2307,5	0,0	2307,5	0%
Teixeiras	12.303	84%	0%	0,400	4,92	1795,1	1500,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1500,1	0,74	269,3	0,0	269,3	269,7	1769,3	0,0	1769,3	0%
Urucânia	11.150	100%	0%	0,497	5,54	2020,8	2020,8	21,9%	0,00%	130,9	0,0	1889,8	0,83	303,1	0,0	303,1	303,6	2323,9	130,9	2193,0	6%
Vermelho Novo	5.081	62%	0%	0,508	2,58	941,2	585,3	0,0%	0,00%	0,0	0,0	585,3	0,39	141,2	0,0	141,2	141,7	726,4	0,0	726,4	0%
Viçosa	78.250	100%	36%	0,725	56,74	20711,6	20641,2	20,5%	0,00%	1231,0	0,0	19410,1	8,51	3106,7	0,0	3106,7	3107,5	23747,9	1231,0	22516,9	5%
Visconde do Rio Branco	41.110	100%	0%	1,015	41,73	15231,4	15231,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	15231,4	6,26	2284,7	0,0	2284,7	2285,7	17516,1	0,0	17516,1	0%
Total	652.569	96%	36%	0,684	446,5	162964,0	156855,9	12,7%	0,98%	7029,0	369,2	149457,7	66,97	24444,6	138,7	24280,7	187408,7	181077,8	7562,1	173515,6	4%

Tabela 14 - Pico de geração de resíduos sólidos para o Cenário 2, referente à projeção de 2023.

Município	População	Coleta Convencional (% atend.)	Coleta Seletiva (% atend.)	RSD									RLU				RSU				
				Ger. Per capita (kg hab.dia)	Geração (t.dia)	Geração (t.ano)	Coletado (t.ano)	Índice de Reciclagem (%)	Índice de compostagem (%)	Total RSD reciclado (t.ano)	Total RSD compostado (t.ano)	Total destinado ao CTRS (t.ano)	RLU_Geração (t.dia)	RLU_Geração (t.ano)	RLU_Total Compostado (t.ano)	RLU_Rejeito (t.ano)	RSU Gerado	RSU Coletado	Desvio de aterro	CTRS	Desvio de aterro (%)
Abre Campo	14.422	97%	100%	0,438	6,32	2307,3	2236,0	13,6%	0,13%	89,7	1,5	2144,8	0,95	346,1	0,4	345,7	2653,4	2582,1	91,6	2490,5	4%
Acaíaca	4.247	100%	0%	0,254	1,08	393,4	393,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	393,4	0,16	59,0	0,0	59,0	452,4	452,4	0,0	452,4	0%
Alvinópolis	16.535	100%	0%	0,467	7,72	2818,1	2818,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	2818,1	1,16	422,7	0,0	422,7	3240,8	3240,8	0,0	3240,8	0%
Amparo da Serra	5.475	96%	0%	0,377	2,07	753,9	725,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	725,1	0,31	113,1	0,0	113,1	867,0	838,2	0,0	838,2	0%
Araponga	8.833	100%	0%	0,128	1,13	413,2	413,2	0,0%	0,00%	0,0	0,0	413,2	0,17	62,0	0,0	62,0	475,2	475,2	0,0	475,2	0%
Barra Longa	6.656	100%	0%	0,315	2,10	765,5	765,5	0,0%	0,00%	0,0	0,0	765,5	0,31	114,8	0,0	114,8	880,3	880,3	0,0	880,3	0%
Cajuri	4.385	100%	0%	0,711	3,12	1137,2	1137,2	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1137,2	0,47	170,6	0,0	170,6	1307,8	1307,8	0,0	1307,8	0%
Canaã	5.014	100%	0%	0,224	1,12	409,6	409,6	0,0%	0,00%	0,0	0,0	409,6	0,17	61,4	0,0	61,4	471,1	471,1	0,0	471,1	0%
Caputira	9.784	100%	0%	0,508	4,97	1812,5	1812,5	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1812,5	0,74	271,9	0,0	271,9	2084,4	2084,4	0,0	2084,4	0%
Coimbra	7.643	100%	0%	0,344	2,63	960,0	960,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	960,0	0,39	144,0	0,0	144,0	1104,0	1104,0	0,0	1104,0	0%
Desterro de Entre Rios	7.587	73%	0%	0,660	5,01	1827,1	1328,7	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1328,7	0,75	274,1	0,0	274,1	2101,1	1602,7	0,0	1602,7	0%
Diogo de Vasconcelos	4.119	96%	0%	0,112	0,46	167,8	161,9	0,0%	0,00%	0,0	0,0	161,9	0,07	25,2	0,0	25,2	192,9	187,1	0,0	187,1	0%
Dom Silvério	5.630	95%	100%	0,755	4,25	1551,2	1467,4	85,3%	0,00%	358,0	0,0	1109,4	0,64	232,7	0,0	232,7	1783,9	1700,1	358,0	1342,1	21%
Guaraciaba	11.077	96%	0%	0,126	1,39	508,7	490,1	32,6%	0,00%	47,2	0,0	442,9	0,21	76,3	0,0	76,3	585,0	566,4	47,2	519,2	8%
Itabirito	49.244	100%	100%	1,162	57,22	20884,9	20884,9	22,9%	100%	1389,5	0,0	19495,3	8,58	3132,7	0,0	3132,7	24017,6	24017,6	0,0	22628,1	6%
Jequeri	13.921	73%	0%	0,908	12,65	4616,1	3361,2	0,0%	0,00%	0,0	0,0	3361,2	1,90	692,4	0,0	692,4	5308,5	4053,6	0,0	4053,6	0%
Mariana	58.746	99%	83%	0,662	38,87	14188,9	14057,5	23,7%	0,00%	968,2	0,0	13089,3	5,83	2128,3	0,0	2128,3	16317,2	16185,8	968,2	15217,6	6%
Matipó	19.112	100%	93%	0,923	17,64	6437,2	6437,2	15,0%	0,00%	285,2	0,0	6152,0	2,65	965,6	0,0	965,6	7402,7	7402,7	285,2	7117,6	4%
Oratórios	4.868	83%	0%	0,651	3,17	1156,7	955,9	0,0%	0,00%	0,0	0,0	955,9	0,48	173,5	0,0	173,5	1330,2	1129,4	0,0	1129,4	0%
Ouro Preto	76.149	99%	29%	0,714	54,35	19838,5	19661,8	13,6%	0,00%	775,8	0,0	18885,9	8,15	2975,8	0,0	2975,8	22814,3	22637,5	775,8	21861,7	3%
Paula Cândido	10.045	100%	0%	0,536	5,38	1965,1	1965,1	33,4%	0,05%	194,2	0,5	1770,4	0,81	294,8	0,1	294,6	2259,8	2259,8	194,8	2065,1	9%
Pedra do Anta	3.646	78%	0%	0,533	1,95	709,9	554,0	0,0%	0,00%	0,0	0,0	554,0	0,29	106,5	0,0	106,5	816,4	660,5	0,0	660,5	0%
Piedade de Ponte Nova	4.401	100%	0%	0,822	3,62	1320,8	1317,2	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1317,2	0,54	198,1	0,0	198,1	1518,9	1515,3	0,0	1515,3	0%
Ponte Nova	62.182	99%	24%	0,703	43,72	15958,8	15872,5	6,7%	0,00%	310,4	0,0	15562,1	6,56	2393,8	0,0	2393,8	18352,6	18266,3	310,4	17955,9	2%
Porto Firme	11.287	70%	0%	0,568	6,42	2341,8	1633,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1633,1	0,96	351,3	0,0	351,3	2693,1	1984,4	0,0	1984,4	0%
Raul Soares	25.807	85%	43%	0,909	23,47	8565,4	7238,3	22,1%	0,21%	465,9	7,5	6765,0	3,52	1284,8	2,3	1282,5	9850,2	8523,1	475,7	8047,5	6%
Rio Casca	15.387	98%	100%	0,239	3,67	1340,3	1309,8	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1309,8	0,55	201,0	0,0	201,0	1541,3	1510,9	0,0	1510,9	0%
Rio Doce	2.671	100%	0%	0,398	1,06	387,5	386,0	48,6%	8,39%	61,6	10,2	314,2	0,16	58,1	4,1	54,0	445,7	444,1	75,9	368,2	17%
Santa Cruz do Escalvado	5.409	97%	0%	0,203	1,10	401,1	388,0	41,3%	0,77%	52,6	0,9	334,5	0,16	60,2	0,4	59,8	461,3	448,2	53,9	394,3	12%
Santo Antônio do Gramma	4.426	97%	100%	0,527	2,33	851,7	825,4	59,1%	13,80%	160,2	35,9	629,3	0,35	127,8	14,9	112,8	979,4	953,2	211,0	742,2	22%
São José do Goiabal	6.107	96%	0%	0,460	2,81	1024,7	981,4	84,8%	89,52%	237,9	312,7	430,7	0,42	153,7	116,4	37,3	1178,5	1135,1	667,1	468,0	59%
São Pedro dos Ferros	9.054	95%	0%	0,508	4,60	1677,2	1598,3	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1598,3	0,69	251,6	0,0	251,6	1928,8	1849,9	0,0	1849,9	0%
Sem-Peixe	3.085	79%	0%	0,413	1,28	465,5	369,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	369,4	0,19	69,8	0,0	69,8	535,4	439,2	0,0	439,2	0%
Senicita	7.723	85%	0%	0,818	6,32	2306,3	1961,5	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1961,5	0,95	345,9	0,0	345,9	2652,3	2307,5	0,0	2307,5	0%
Teixeiras	12.303	84%	0%	0,400	4,92	1795,1	1500,1	0,0%	0,00%	0,0	0,0	1500,1	0,74	269,3	0,0	269,3	2064,3	1769,3	0,0	1769,3	0%
Urucânia	11.150	100%	0%	0,497	5,54	2020,8	2020,8	21,9%	0,00%	130,9	0,0	1889,8	0,83	303,1	0,0	303,1	2323,9	2323,9	130,9	2193,0	6%
Vermelho Novo	5.081	62%	0%	0,508	2,58	941,2	585,3	0,0%	0,00%	0,0	0,0	585,3	0,39	141,2	0,0	141,2	1082,3	726,4	0,0	726,4	0%
Viçosa	78.250	100%	36%	0,725	56,74	20711,6	20641,2	20,5%	0,00%	1231,0	0,0	19410,1	8,51	3106,7	0,0	3106,7	23818,4	23747,9	1231,0	22516,9	5%
Visconde do Rio Branco	41.110	100%	0%	1,015	41,73	15231,4	15231,4	0,0%	0,00%	0,0	0,0	15231,4	6,26	2284,7	0,0	2284,7	17516,1	17516,1	0,0	17516,1	0%
Total	652.569	96%	36%	0,684	446,48	162964,0	156855,9	12,5%	0,98%	6758,5	369,2	149728,2	66,97	24444,6	138,7	24305,9	187408,7	181300,5	7266,4	174034,1	4%

Tabela 15 - Pico de geração de resíduos sólidos para o Cenário 3, referente à projeção de 2023.

5.4. Infraestrutura Existente

As UTC e unidades de transbordo existentes foram definidas no modelo como de passagem obrigatória dos resíduos de seus respectivos municípios, uma vez que o modelo parte do pressuposto que os investimentos nessas infraestruturas já foram realizados e, na grande maioria dos casos, estão operacionais. A passagem obrigatória pelas UTC também fomenta a discussão quanto as ações de reciclagem e compostagem, aproveitando ao máximo os recursos físicos disponíveis nos municípios.

Há de se ressaltar que estas UTC e transbordos também são avaliadas no modelo como possibilidades para atendimento a outros municípios, considerando uma possível sinergia para redução dos custos de municípios próximos. Ou seja, na avaliação da instalação ou não de novas infraestruturas a modelagem está configurada para verificar a melhor possibilidade, que atenda aos propósitos do consórcio e utilize ao máximo a infraestrutura existente.

As localizações dos candidatos a CTR foram definidas considerando os aspectos da modelagem ambiental realizada no capítulo 02 (ASPECTOS AMBIENTAIS NA ESCOLHA DAS ÁREAS), localização de infraestruturas públicas e privadas existentes (aterros sanitários) e principais depósitos de resíduos irregulares (lixões). Esta última foi considerada devido à perspectiva de recuperação ambiental dessas áreas associada às tecnologias de recuperação energética dos resíduos, mas cuja recuperação não faz parte da modelagem econômico-financeira escopo desse projeto.

Os Itens 5.4.1, 5.4.2, 5.4.3 e 5.5 descrevem os candidatos avaliados no território CIMVALPI. Deve-se ressaltar que na definição locacional de pontos para escolha do modelo de PO também são considerados os fatores de atendimento dos requisitos mínimos estabelecidos pela legislação ambiental e a distribuição de possibilidades locacionais de CTR no território CIMVALPI, permitindo ao modelo a escolha dos melhores arranjos pelo algoritmo.

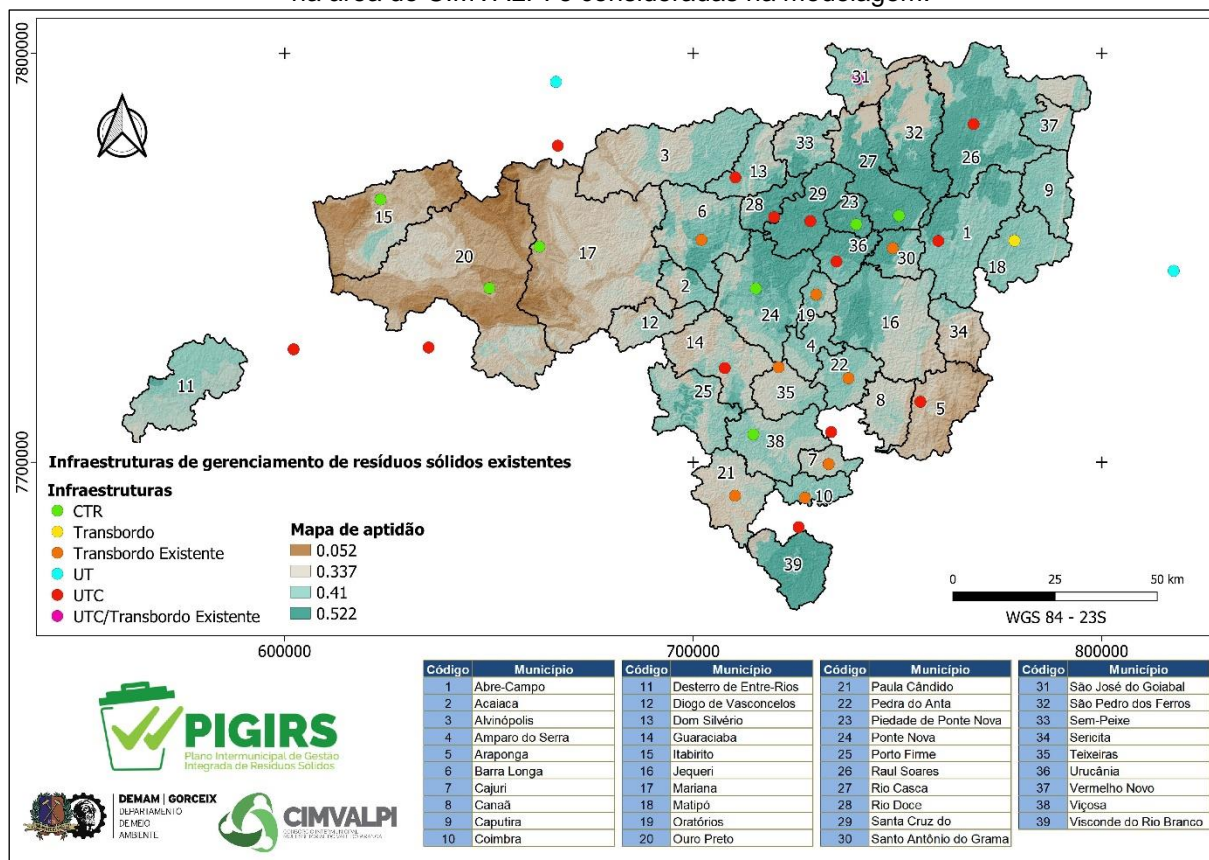
5.4.1. Infraestruturas Públicas

Conforme exposto no capítulo 7 “Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados pelos municípios participantes do CIMVALPI” do Produto 4 e 5, a infraestrutura presente nos 39 municípios membros do CIMVALPI é constituída por:

- 16 transbordos;
- 12 aterros controlados, sob responsabilidade da prefeitura, por meio das secretarias;
- 22 dispõe os resíduos em aterros sanitários, sob responsabilidade da prefeitura, consórcio (CPGRS) ou de empresa particulares;
- 5 dispõe o rejeito em lixões.

A Figura 50 apresenta a localização das infraestruturas de gerenciamento de RS existentes na área do PIGIRS.

Figura 50 - Localização das infraestruturas de gerenciamento de resíduos sólidos existentes na área do CIMVALPI e consideradas na modelagem.



Fonte: Elaboração própria, com base em dados fornecidos pelas prefeituras municipais.

5.4.2. Aterros sanitários e lixões

A Tabela 16 apresenta a unidades de disposição final de RS existentes na área do PIGIRS se foram considerados candidatos a instalação de CTR. No caso dos lixões foram considerados os maiores passivos ambientais identificados.

Tabela 16 – Aterros sanitários, aterros controlados e lixões existentes na área do CIMVALPI considerados candidatos serem um ponto de transbordo ativo ou sediarem um CTR.

Tipos de Infraestrutura	Municípios	Informações relevantes
Aterro sanitário	Itabirito, Mariana e Viçosa	Itabirito e Mariana estão em processo de renovação da licença ambiental do aterro
Aterro controlado ou Lixão	Ouro Preto, Ponte Nova e Rio Casca	Estas localidades foram consideradas somente para instalação de usina com recuperação energética/ Transbordo.

Fonte: Elaboração própria.

Foi avaliada a possibilidade de atuação conjunta com o Consórcio Público De Gestão dos Resíduos Sólidos do Médio Piracicaba da Associação dos Municípios da Microrregião do Médio Rio Piracicaba (CPGRS- AMEPI), através do envio de RSU de municípios próximos para o aterro localizado em João Monlevade. Entretanto, a infraestrutura do consórcio foi dimensionada para atendimento a uma demanda de 100 t/dia, dos quais somente 20% (20 t/dia) estariam disponíveis para atendimento ao CIMVALPI. Ressalta-se, também, a necessidade de regularização ambiental e atendimento a um Termo de Ajuste de Conduta do empreendimento, o que impossibilita, no momento, aos municípios estarem de acordo com o preconizado na legislação vigente. Desta forma, esta possibilidade não foi considerada no modelo.

A utilização do aterro sanitário da ECOTRES, em Conselheiro Lafaiete, também foi descartada devido à impossibilidade de trânsito de veículos pesados ou de grandes dimensões na MG-129, entre Ouro Preto e Ouro Branco.

5.4.3. Usinas de Triagem e Compostagem e transbordos

Das UTC identificadas na área, cuja caracterização encontra-se no Produto 4 e 5, considerou-se na modelagem apenas unidades apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Unidade de Triagem e Compostagem existentes na área do CIMVALPI consideradas candidatas serem um ponto de transbordo ativo ou sediarem um CTR.

Tipos de Infraestrutura	Municípios
Transbordo	Araponga, Barra Longa, Cajuri, Canaã, Coimbra, Diogo de Vasconcelos, Guaraciaba, Matipó, Oratórios, Pedra do Anta, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santo Antônio do Grama, São José do Goiabal e Teixeiras
UTC	Abre Campo, Dom Silvério, Paula Cândido, Raul Soares, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santo Antônio do Grama, São José do Goiabal, Urucânia

Fonte: Elaboração própria.

A abordagem aplicada obriga todos os municípios que possuem infraestrutura estabelecida a utilizar as respectivas UTC. Foi considerado que, em momento oportuno, estas unidades poderão ser motivo de coleta como transbordo, ou seja, com custos menores.

No caso dos transbordos foram avaliados os custos definidos para indicação de continuidade de utilização ou não. Para criação de novos transbordos foram realizadas simulações definindo ou não o quantitativo mínimo de resíduos em cada transbordo para permitir a coleta com frequência mínima de uma semana.

5.5. Infraestrutura Particular

A utilização de infraestruturas particulares, de acordo com as perspectivas de instalação de empreendimentos presentes no território CIMVALPI, foi avaliada em função de sua localização e, quando possível, os preços praticados de gate-fee. Esta perspectiva foi considerada para identificação de um possível ganho financeiro para os municípios consorciados, de acordo com as localizações previstas para estes empreendimentos e, desta forma, reduzindo os custos globais do consórcio.

Foram identificados dois empreendimentos, conforme Tabela 18: O primeiro é um aterro sanitário localizado em Piedade de Ponte Nova, em processo de regularização ambiental, com gate-fee inicialmente previsto de R\$ 90,00. O segundo está localizado em Ouro Preto, ainda em projeto conceitual, prevê a recuperação energética dos RSU. A empresa recebeu da prefeitura, sob um regime de cessão de 15 anos (Lei Municipal nº 1.130/2018), um terreno de 30 hectares na localidade denominada Rancharia, ou seja, na área da atual disposição de RSU do município.

Tabela 18 - Infraestrutura Particular em processo de instalação no território CIMVALPI.

Tipo de Tecnologia Prevista	Município	Informações relevantes
Recuperação Energética	Ouro Preto	Em projeto conceitual. Terreno cedido de acordo com a Lei Municipal nº 1.130/2018
Aterro Sanitário	Piedade de Ponte Nova	Em processo de regularização ambiental.

Fonte: Elaboração própria.

Os empreendimentos foram avaliados como uma possibilidade de instalação de infraestrutura, mas com os custos de acordo com a modelagem econômico-financeira (Produto 07) para cada tecnologia aplicada (aterro e usina com recuperação energética) e explicitado na composição de custos do item 3.6, já que não foram identificados os valores previstos de gate-fee.

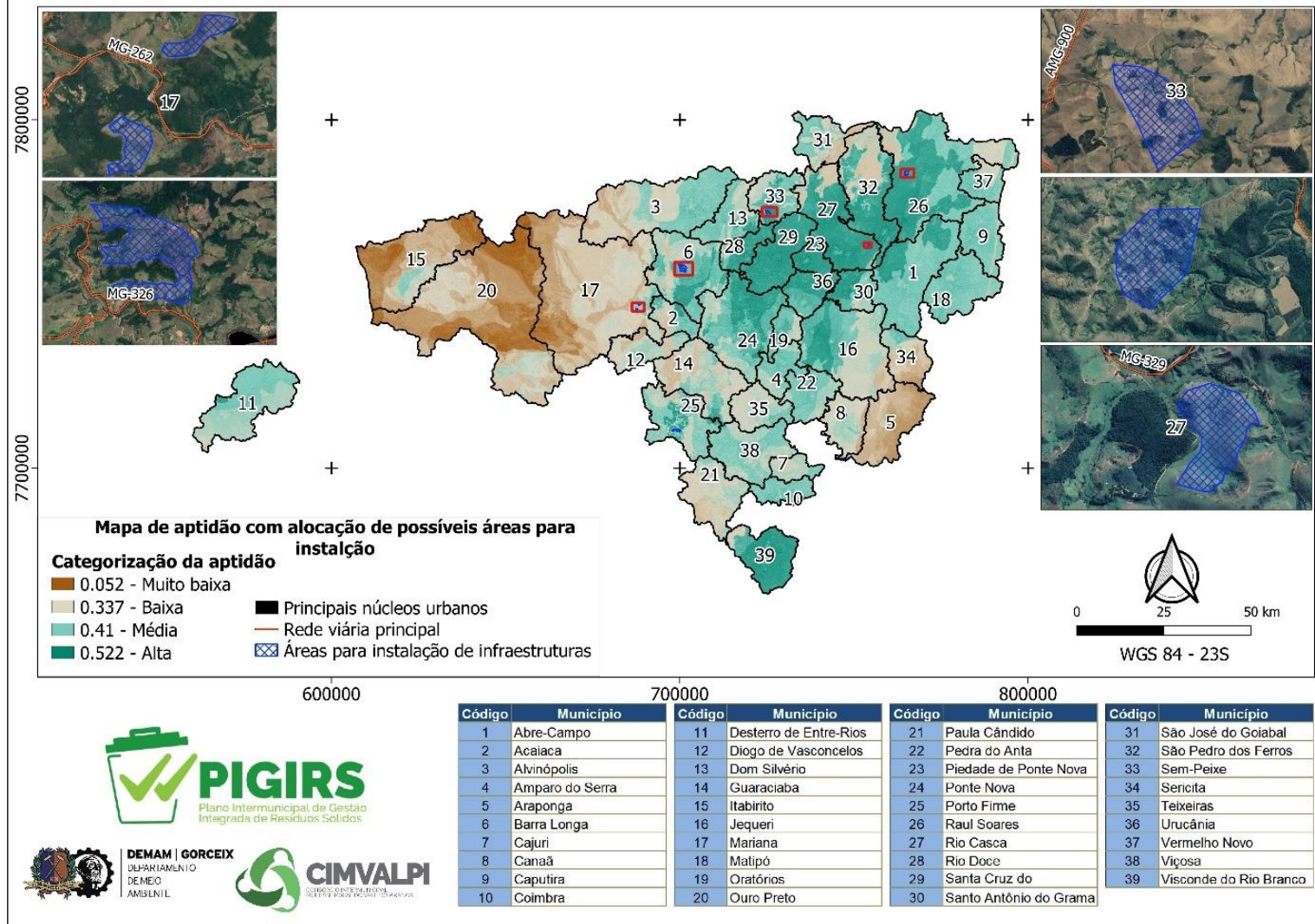
Ressalta-se que, em ambos os casos, a abordagem se trata de uma avaliação teórica, pois os empreendimentos ainda não se encontram fisicamente instalados e operantes no território.

5.6. Possibilidades Definidas a Partir do Mapeamento Ambiental

O mapeamento da aptidão à instalação de infraestruturas de gerenciamento de RSU, considerando as declividades do terreno e as restrições ambientais e locais da área, conforme legislação aplicável, foram utilizados para seleção de seis possíveis áreas para alocação das infraestruturas necessárias para a consolidação do PIGIRS. Foram considerados, nestes casos, perspectivas para utilização como aterro sanitário, ou seja, foram desconsideradas declividades superiores a 30%.

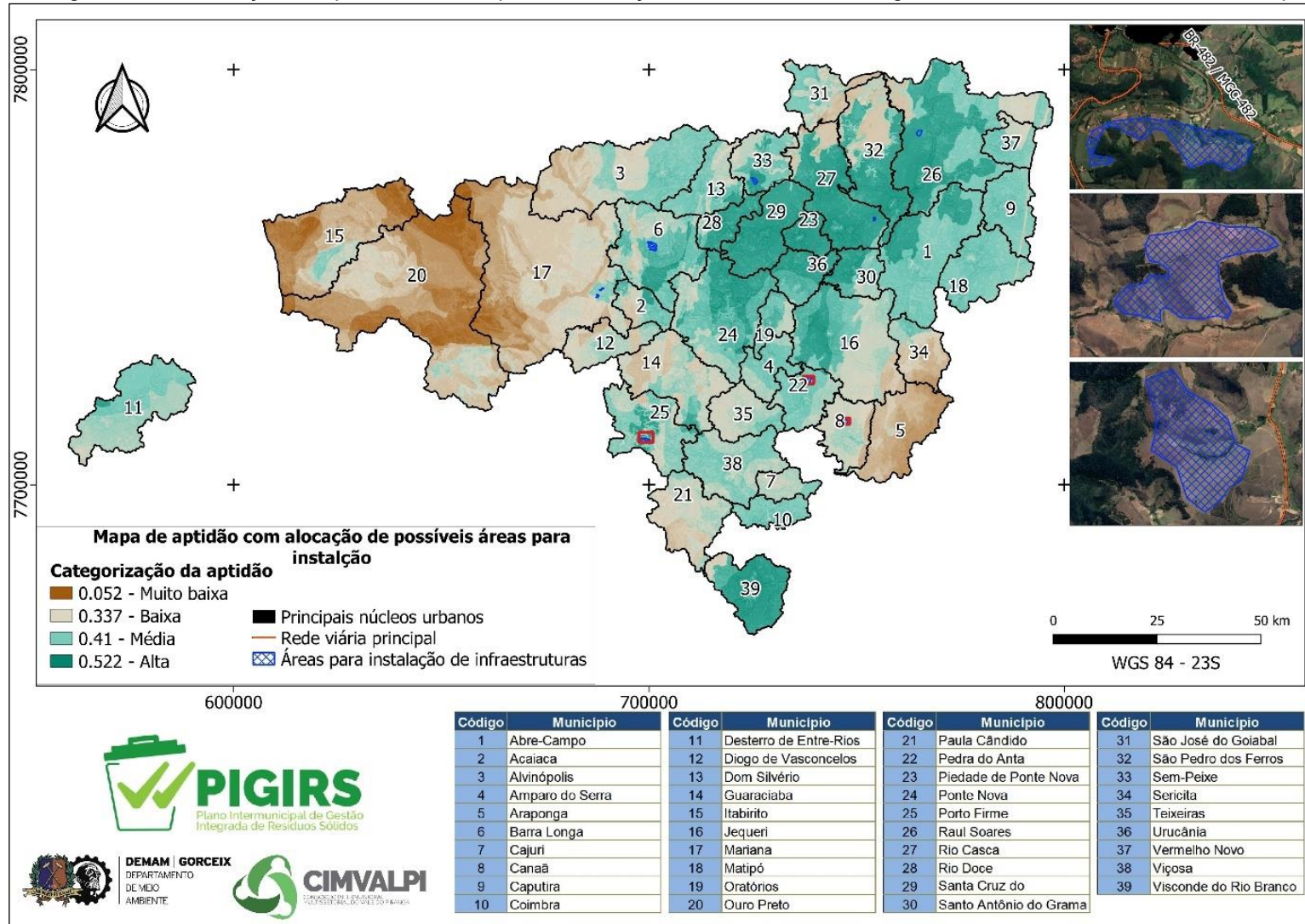
Diante do disposto, a Figura 51 e Figura 52 apresenta a localização de tais áreas em relação à aptidão, à rede viária principal e aos núcleos urbanos ou comunidades rurais. Foram consideradas áreas para atendimento a diferentes portes de aterro (a partir de 20 hectares), através da identificação de áreas contínuas ou limítrofes.

Figura 51 - Localização das possíveis áreas para a instalação de infraestruturas de gerenciamento de RS do CIMVALPI – parte 1.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM e no Google Earth Satélite (MapSevices – QGIS).

Figura 52 - Localização das possíveis áreas para a instalação de infraestruturas de gerenciamento de RS do CIMVALPI – parte 2.

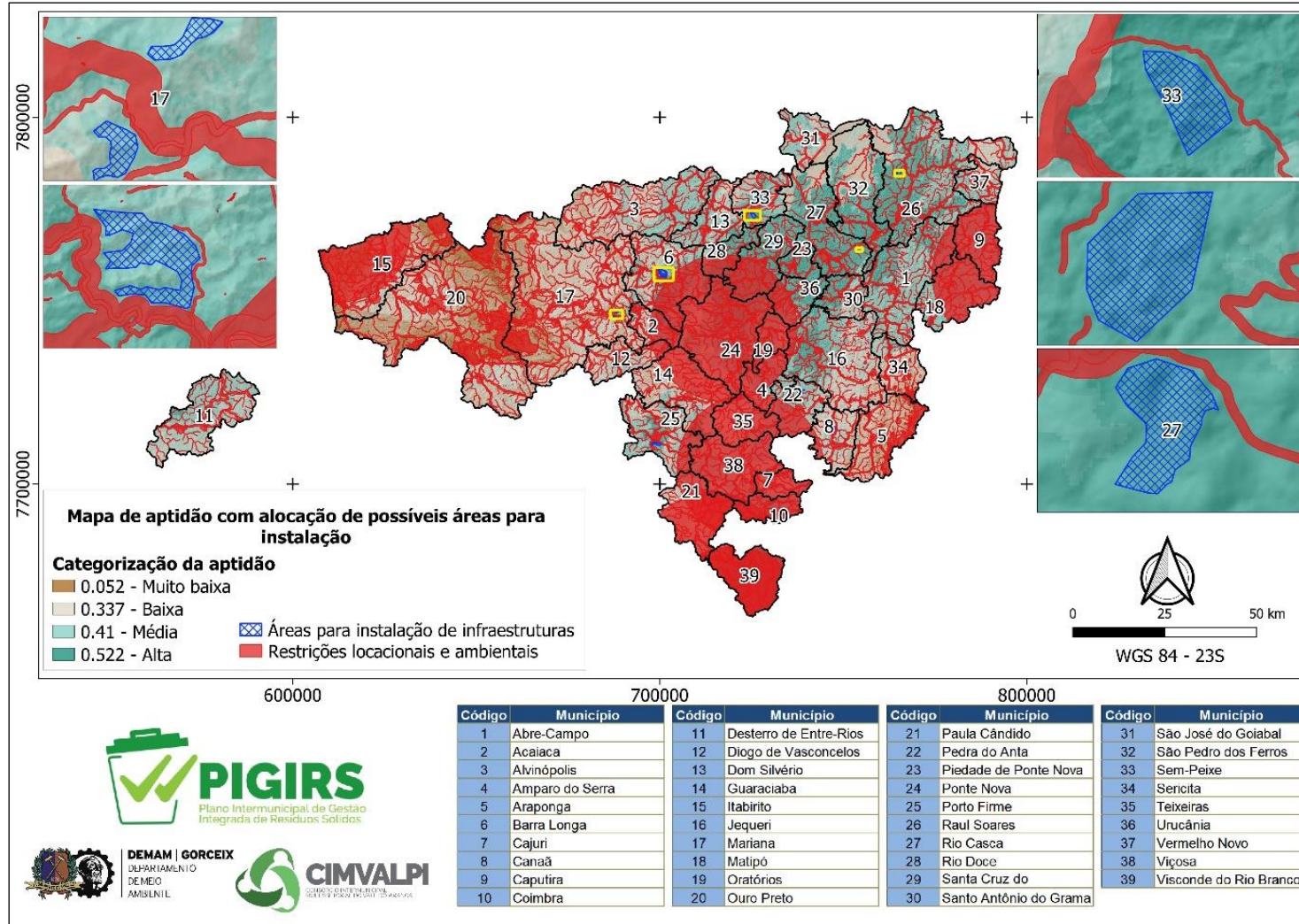


Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM e no Google Earth Satélite (MapSevices – QGIS).

A Figura 53 apresenta a localização com relação às restrições locacionais e ambientais mapeadas conforme a legislação vigente, de acordo com a metodologia explicitada no capítulo 2 (ASPECTOS AMBIENTAIS NA ESCOLHA DAS ÁREAS). É possível observar que muitas das áreas topograficamente e geograficamente adequadas às instalações supracitadas no presente capítulo já foram ocupadas, em especial às próximas a grandes centros urbanos. Destaca-se que as regiões de Viçosa e Ponte Nova, municípios considerados estratégicos na análise da logística, estão restritas à Área de Segurança Aeroportuária (ASA) para o caso de utilização de aterro.

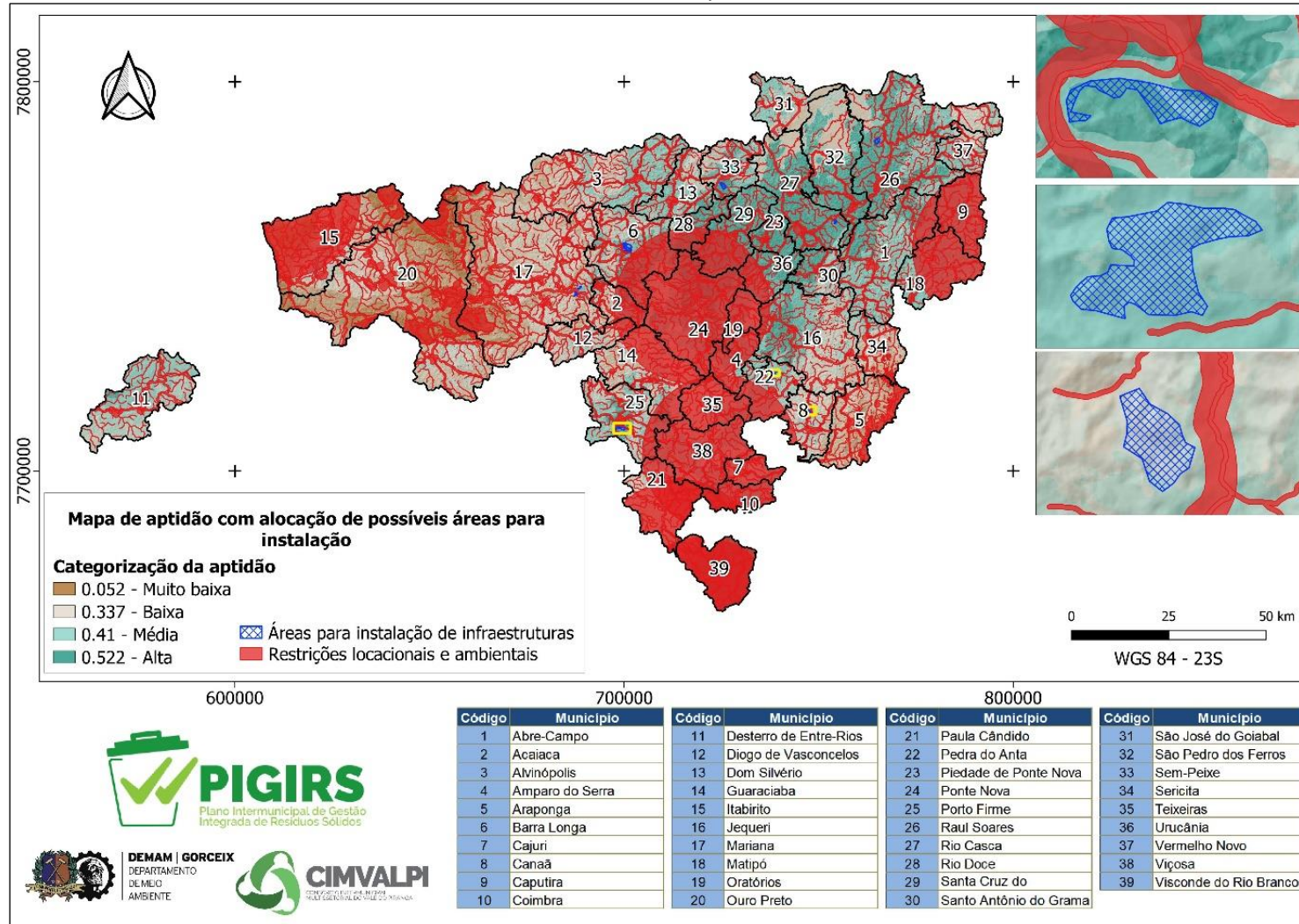
No município de Ouro Preto, na região onde localiza-se os distritos de Santo Antônio do Salto e Santa Rita de Ouro Preto, estão inseridas as áreas de média a alta aptidão à instalação das infraestruturas de gerenciamento de RSU. Tal zona é caracterizada pela presença de vegetação e rede de drenagem densa, que associada à ocupação dispersa no território dificulta a alocação de estruturas da natureza e dimensão pretendidas neste projeto FIGIRS.

Figura 53 - Localização das possíveis áreas para a instalação de infraestruturas de gerenciamento de RS e das restrições ambientais e locais do CIMVALPI - parte 1.



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM e dos dados matriciais Alos Palsar (2011).

Figura 54 - Localização das possíveis áreas para a instalação de infraestruturas de gerenciamento de RS e das restrições ambientais e locais do CIMVALPI - parte 2



Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados vetoriais digital do IDE-SISEMA/IGAM e dos dados matriciais Alos Palsar (2011).

A alocação dessas áreas foi realizada apenas em ambiente SIG, logo, faz-se necessário a visita ao campo para identificar detalhadamente as condições ambientais e geotécnicas executivas dos projetos requeridos para a instalação da tecnologia a ser adotada.

5.7. Composição dos Custos

Com relação aos custos associados ao modelamento aplicável ao território CIMVALPI, realizou-se diversos levantamentos de custos de mercado, que serão explicitados a seguir.

- a) O custo do transporte, considerando do transbordo ou UT/UTC para o CTR foi definido a partir do contrato vigente no CIMVALPI, ou seja, do preço praticado no momento, que custa R\$ 0,55.
- b) O custo de *transporte* do município para o CTR foi definido a partir de pesquisa de mercado de municípios que realizam contratação de serviço de coleta de resíduos. Portanto, foi definido em R\$ 1,30 por km rodado.
- c) O custo de instalação do transbordo foi realizado a partir de PPU, considerando critérios FUNASA e experiência da equipe CIMVALPI no apoio aos municípios. O custo mensal foi definido como o custo de manutenção (depreciação de 15 anos) e somado ao preço de aluguel do container, obtido por pesquisa de mercado (R\$ 880,00/ mês).
- d) O custo máximo desejável do GateFee (c_{maxgf}) foi definido a partir de pesquisa de mercado conforme produto 7, que trata da modelagem econômica do PIGIRS, no qual buscou-se identificar o custo por capacidade e estabelecer a variação deste custo quando a capacidade de utilização do CTR varia, de acordo com a Tabela 19 e Tabela 20, respectivamente para Aterro Sanitário e Gaseificação com recuperação energética, conforme a seguir:

Tabela 19 – Gate-fee estimados para as diferentes capacidades do aterro sanitário, de acordo com a modelagem econômico-financeira.

Capacidade do aterro sanitário (ton./dia)	Gate fee (R\$/ton)
100	148,21
200	111,25
300	97,56

Capacidade do aterro sanitário (ton./dia)	Gate fee (R\$/ton)
400	90,71
500	86,60
600	83,86
700	81,90
800	83,56
1000	78,38

Fonte: Elaboração própria, adaptado de ABRELPE & FGV (2009); ABRELPE (2015).

Tabela 20 – Gate-fee estimados para as diferentes capacidades de usina de recuperação energética (Gaseificação), de acordo com a modelagem econômico-financeira (produto 07).

Capacidade da Usina (ton./dia)	Gate fee (R\$/ton)
215	45,00
202,1	58,61
180,6	90,07
300	30,00
270	55,08
252	73,84

Fonte: Elaboração própria, a partir de modelagem econômico-financeira (pesquisa de mercado).

Em ambos os casos foi definida uma variação dos valores de gate-fee em função da utilização efetiva das estruturas. Desta forma, considera-se que os custos aumentam no caso de não utilização plena da infraestrutura a ser implementada.

5.8. Tempo de Concessão

Em qualquer concessão de serviço público a fixação do prazo da outorga não possui caráter discricionário. Este prazo deverá levar em conta aspectos técnicos e econômicos.

Releva dizer que a Lei Federal nº 8.987/95, a despeito de vedar contratos com prazo indeterminado, não estabelece um limite temporal para a concessão dos serviços públicos. A determinação desse prazo, portanto, decorre de uma estimativa que envolve, de um lado, todos os investimentos e encargos necessários para a execução dos serviços, e de outro, as receitas previstas para a amortização dos gastos e a remuneração do prestador, considerando, sempre, a modicidade para o usuário. Dessa forma, é possível antever que a redução do prazo da outorga conduz à elevação do custo suportado pelo usuário, caso o montante total dos investimentos seja alto. Por outro lado, a redução do custo impõe o aumento do prazo.

Por sua vez, a Lei Federal nº 11.079/2004, que dispõe sobre as concessões especiais, estabelece limites mínimos e máximos para os contratos de parceria

público-privada, que não podem ser inferiores a 5 (cinco) anos, nem superiores a 35 (trinta e cinco) anos.

Dessa forma, considera-se, *a priori*, como limite máximo para a concessão dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos o prazo de até 35 (trinta e cinco) anos, que servirá como base para a tomada de decisão para a modelagem, considerando a diluição dos custos de instalação e operação das unidades pretendidas pelo consórcio, nesse período. Para esta modelagem foram considerados 30 anos, prazo definido no PIGIRS.

6. SIMULAÇÕES DOS ARRANJOS TERRITORIAIS

Conforme apresentado, a partir das premissas indicadas nos capítulos anteriores, foi desenvolvido um algoritmo para realização de simulações de arranjos territoriais no território CIMVALPI, para identificação dos custos financeiros, além de minimização dos impactos ambientais dos arranjos definidos. Nas simulações, exceto quanto indicado (simulações 5 e 6), foram identificadas possibilidades de utilização que incluíssem antigos aterros nos grandes centros (Ouro Preto e Ponte Nova) e localizações consideradas estratégicas (Rio Casca). Essa abordagem teve o objetivo de incluir a recuperação energética na modelagem de custos, considerando a requisição de menores áreas e em áreas previamente degradadas.

A seguir são apresentados os resultados das simulações para diferentes tecnologias de tratamento e disposição dos resíduos, bem como simulações para cenários expandidos, a partir do ingresso de municípios limítrofes, limites de distância percorrida pelo resíduo e picos de geração de resíduos de acordo com cenários definidos no prognóstico (produto 08).

Apesar de possuírem metas distintas de reciclagem, redução, reutilização e não geração, os cenários 02 e 03 apresentam quantitativos nos picos de geração de resíduos bem próximos (ano de 2023), portanto serão apresentados em conjunto. Ressalta-se que em todos os casos a avaliação dos picos de geração de resíduos para definição das localizações de infraestrutura é fundamental, pois indica as piores situações, ou seja, prevê os atendimentos de maiores volumes a serem gerados no território CIMVALPI.

Em cada cenário é apresentada uma tabela resumo com os critérios de cada simulação. As tecnologias aplicadas podem ser de aterros sanitários, gaseificação com recuperação energética ou ambos. O modelo decide as localizações em função dos custos globais (custo por tonelada média) que são a soma dos custos por logística (transporte + custos operacionais e de instalação do transbordo, se existentes).

A criação de novos transbordos, a depender da simulação, pode estar condicionada a um quantitativo mínimo para viabilizar a coleta semanal de um container. Os limites de distâncias foram definidos para avaliação do impacto financeiro desta solução para os municípios integrantes do CIMVALPI.

Conforme indicado, em todos os casos, o modelo obriga a passagem dos resíduos pelas UT, UTC existentes nos respectivos municípios. No momento da passagem por estas estruturas é aplicada a redução de quantitativo associado à reciclagem/reaproveitamento e compostagem, conforme identificado no diagnóstico participativo intermunicipal. Estas infraestruturas e todos os transbordos existentes também foram avaliados quanto à localização para recebimento de resíduos de outros municípios.

6.1. Simulação 01 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) sem Quantitativo Mínimo de Transbordo.

A Tabela 21 apresenta as premissas de análise para a simulação 01. Os principais parâmetros de saída estão apresentados na Tabela 22. A utilização e organização do CTR, UTC e transbordos estão apresentadas na Tabela 23, Tabela 24 e

Tabela 25, respectivamente.

Tabela 21 – Simulação 01 – Premissas de análise.

Tema	Premissa
Tecnologia(s) avaliada(s)	Aterro Sanitário e gaseificação com recuperação energética
Criação de Transbordos	Definido exclusivamente em função do custo financeiro de execução/operação do transbordo.
Limite máximo de distância de trânsito dos resíduos entre municípios e CTR	Não exigido

Tema	Premissa
Cenário(s) Avaliado(s)	Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03)

Tabela 22 – Simulação 01 – Parâmetros Gerais.

Parâmetro	Resultado
Gate-fee	R\$ 47,89
Custo por tonelada	R\$ 86,95
Número de transbordos ativos:	27

Tabela 23 – Simulação 01 – Resultados de localização e utilização de CTR:

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Ponte Nova - Antigo (CTR)	300	93,59%	Abre Campo	6,8233	2,43%
			Alvinópolis	8,8790	3,16%
			Amparo do Serra	2,2965	0,82%
			Araponga	1,3020	0,46%
			Cajuri	3,5831	1,28%
			Canaã	1,2906	0,46%
			Caputira	5,7106	2,03%
			Coimbra	3,0245	1,08%
			Dom Silvério	3,6771	1,31%
			Guaraciaba	1,4225	0,51%
			Jequeri	11,1057	3,96%
			Matipó	19,5002	6,95%
			Oratórios	3,0941	1,10%
			Paula Cândido	5,6577	2,02%
			Pedra do Anta	1,8097	0,64%
			Piedade de Ponte Nova	4,1516	1,48%
			Ponte Nova	49,1943	17,52%
			Raul Soares	22,0478	7,85%
			Rio Casca	4,1393	1,47%
			Rio Doce	0,4599	0,16%
Rio Doce	0,5487	0,20%			
Santa Cruz do Escalvado	1,0802	0,38%			
Santo Antônio do Grama	2,0333	0,72%			
São José do Goiabal	1,2822	0,46%			
São Pedro dos Ferros	5,0681	1,81%			
Sem-Peixe	0,5487	0,20%			
Sem-Peixe	0,6547	0,23%			
Sericita	6,3219	2,25%			

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
			Teixeiras	4,8475	1,73%
			Urucânia	6,0081	2,14%
			Vermelho Novo	1,9903	0,71%
			Viçosa	43,2263	15,40%
			Visconde do Rio Branco	47,9892	17,09%
			TOTAL =	280,7688	100,00%
Rancharia (CTR)	215	91,18%	Acaiaca	1,2395	0,63%
			Barra Longa	2,4117	1,23%
			Desterro de Entre Rios	4,3910	2,24%
			Diogo de Vasconcelos	0,5125	0,26%
			Itabirito	61,9947	31,62%
			Mariana	41,6921	21,27%
			Ouro Preto	59,8950	30,55%
			Porto Firme	5,4367	2,77%
			Viçosa	18,4638	9,42%
			TOTAL =	196,0370	100,00%

Tabela 24 – Simulação 01 – Localização e utilização de UTC.

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Abre Campo (UTC)	Abre Campo	7,0744	100,00%
	TOTAL =	7,0744	100,00%
Araponga (UTC)	Araponga	1,3020	100,00%
	TOTAL =	1,3020	100,00%
Cajuri (UTC)	Cajuri	3,5831	100,00%
	TOTAL =	3,5831	100,00%
Coimbra (UTC)	Coimbra	3,0245	100,00%
	TOTAL =	3,0245	100,00%
Dom Silvério (UTC)	Dom Silvério	4,6579	100,00%
	TOTAL =	4,6579	100,00%
Guaraciaba (UTC)	Guaraciaba	1,5519	100,00%
	TOTAL =	1,5519	100,00%
Paula Cândido (UTC)	Paula Cândido	6,1913	100,00%
	TOTAL =	6,1913	100,00%

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Raul Soares (UTC)	Raul Soares	23,3510	100,00%
	TOTAL =	23,3510	100,00%
Rio Doce (UTC)	Rio Doce	1,2167	50,27%
	Sem-Peixe	1,2034	49,73%
	TOTAL =	2,4201	100,00%
Santa Cruz do Escalvado (UTC)	Santa Cruz do Escalvado	1,2278	100,00%
	TOTAL =	1,2278	100,00%
Santo Antônio do Gramma (UTC)	Santo Antônio do Gramma	2,6114	100,00%
	TOTAL =	2,6114	100,00%
São José do Goiabal (UTC)	São José do Goiabal	3,1098	100,00%
	TOTAL =	3,1098	100,00%
Urucânia (UTC)	Urucânia	6,3669	100,00%
	TOTAL =	6,3669	100,00%

Tabela 25 – Simulação 01 – Localização e utilização Transbordos criados e existentes.

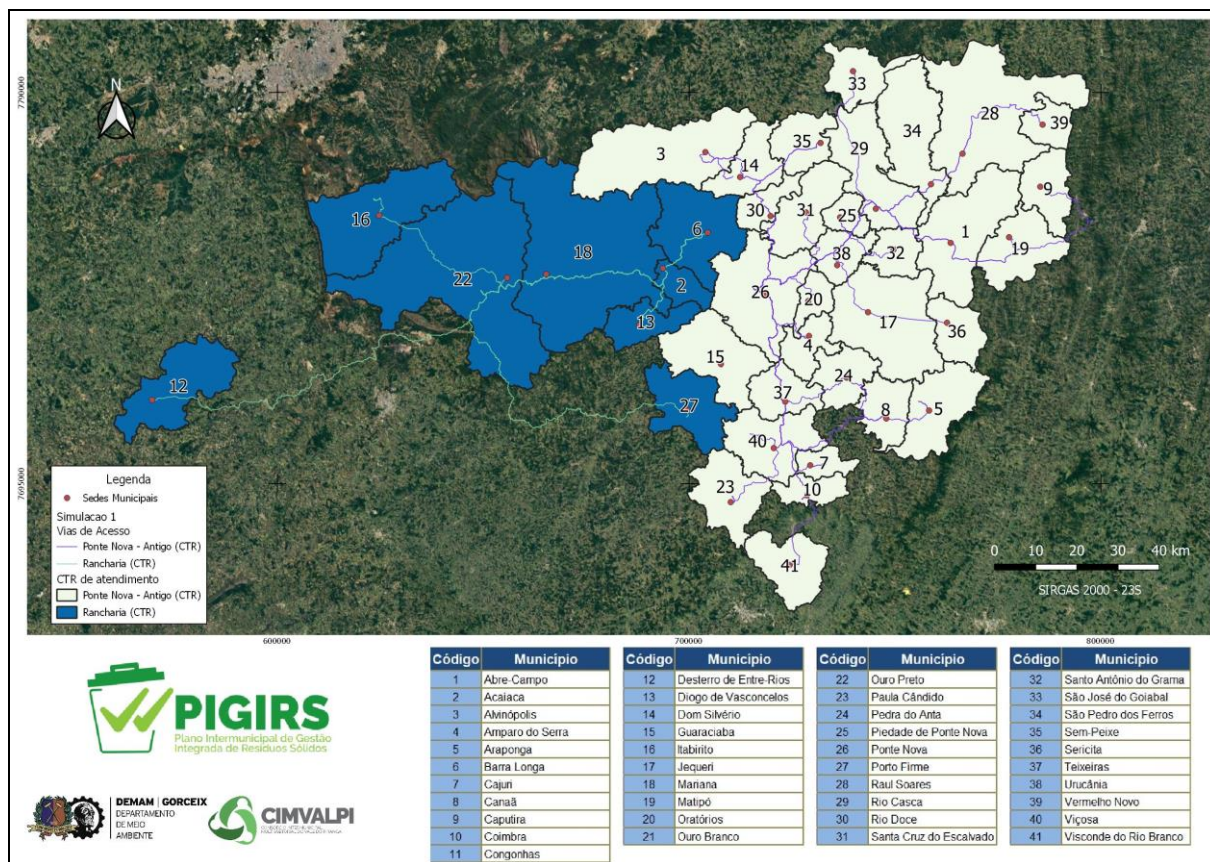
TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Barra Longa (TRANSBORDO)	Acaiaca	1,2395	29,77%
	Barra Longa	2,4117	57,92%
	Diogo de Vasconcelos	0,5125	12,31%
	TOTAL =	4,1637	100,00%
Transbordo criado na cidade de Alvinópolis	Alvinópolis	8,8790	100,00%
	TOTAL =	8,8790	100,00%
Transbordo existente na cidade de Amparo do Serra (TRANSBORDO)	Amparo do Serra	2,2965	100,00%
	TOTAL =	2,2965	100,00%
Transbordo existente na cidade de Araponga (TRANSBORDO)	Araponga	1,3020	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	1,3020	100,00%
Transbordo existente na cidade de Cajuri (TRANSBORDO)	Cajuri	3,5831	100,00%
	TOTAL =	3,5831	100,00%
Transbordo existente na cidade de Pedra do Anta (TRANSBORDO)	Canaã	1,2906	41,63%
	Pedra do Anta	1,8097	58,37%
	TOTAL =	3,1002	100,00%
Transbordo criado na cidade de Caputira	Caputira	5,7106	100,00%
	TOTAL =	5,7106	100,00%
Transbordo existente na cidade de Coimbra (TRANSBORDO)	Coimbra	3,0245	100,00%
	TOTAL =	3,0245	100,00%
Transbordo criado na cidade de Desterro de Entre Rios	Desterro de Entre Rios	4,3910	100,00%
	TOTAL =	4,3910	100,00%
Transbordo existente na cidade de Guaraciaba (TRANSBORDO)	Guaraciaba	1,4225	100,00%
	TOTAL =	1,4225	100,00%
Transbordo criado no CTR de Aterro_Itabirito (CTR)	Itabirito	65,8016	100,00%
	TOTAL =	65,8016	100,00%
Transbordo criado na cidade de Jequeri	Jequeri	11,1057	100,00%
	TOTAL =	11,1057	100,00%
Transbordo existente na cidade de Matipó (TRANSBORDO)	Matipó	20,2815	100,00%
	TOTAL =	20,2815	100,00%
Transbordo existente na cidade de Oratórios (TRANSBORDO)	Oratórios	3,0941	100,00%
	TOTAL =	3,0941	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Paula Cândido (TRANSBORDO)	Paula Cândido	5,6577	100,00%
	TOTAL =	5,6577	100,00%
Transbordo existente na cidade de Piedade de Ponte Nova (TRANSBORDO)	Piedade de Ponte Nova	4,1516	50,07%
	Rio Casca	4,1393	49,93%
	TOTAL =	8,2910	100,00%
Transbordo criado no CTR de Porto_Firme_Sugest_Aterro (CTR)	Porto Firme	5,4367	100,00%
	TOTAL =	5,4367	100,00%
Transbordo existente na cidade de Rio Doce (TRANSBORDO)	Rio Doce	0,5487	45,60%
	Sem-Peixe	0,6547	54,40%
	TOTAL =	1,2034	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santa Cruz do Escalvado (TRANSBORDO)	Santa Cruz do Escalvado	1,0802	100,00%
	TOTAL =	1,0802	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santo Antônio do Grama (TRANSBORDO)	Santo Antônio do Grama	2,0333	100,00%
	TOTAL =	2,0333	100,00%
Transbordo existente na cidade de São José do Goiabal (TRANSBORDO)	São José do Goiabal	1,2822	100,00%
	TOTAL =	1,2822	100,00%
Transbordo criado na cidade de São Pedro dos Ferros	São Pedro dos Ferros	5,0681	100,00%
	TOTAL =	5,0681	100,00%
Transbordo criado na cidade de Sericita	Sericita	6,3219	100,00%
	TOTAL =	6,3219	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Teixeira (TRANSBORDO)	Teixeiras	4,8475	100,00%
	TOTAL =	4,8475	100,00%
Transbordo criado na cidade de Vermelho Novo	Vermelho Novo	1,9903	100,00%
	TOTAL =	1,9903	100,00%
Transbordo criado no CTR de AS - Viçosa (CTR)	Viçosa	65,0627	100,00%
	TOTAL =	65,0627	100,00%
Transbordo criado na cidade de Visconde do Rio Branco	Visconde do Rio Branco	47,9892	100,00%
	TOTAL =	47,9892	100,00%

Figura 55 – Simulação 01 – Mapa de Arranjo Territorial.



6.2. Simulação 02 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) com Quantitativo Mínimo de Transbordo.

A Tabela 26 apresenta as premissas de análise para a simulação 02. Os principais parâmetros de saída estão apresentados na Tabela 27. A utilização e organização do CTR, UTC e transbordos estão apresentadas na Tabela 28, Tabela 29 e Tabela 30, respectivamente.

Tabela 26 – Simulação 02 – Premissas de análise.

Tema	Premissa
Tecnologia(s) avaliada(s)	Aterro Sanitário e gaseificação com recuperação energética
Criação de Transbordos	Com quantitativo mínimo de geração de rejeitos (01 coleta de contêiner por semana) associado ao custo financeiro de execução/operacão do transbordo.
Limite máximo de distância de trânsito dos resíduos entre municípios e CTR	Não exigido
Cenário(s) Avaliado(s)	Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03)

Tabela 27 – Simulação 02 – Parâmetros Gerais.

Parâmetro	Resultado
Gate-fee	R\$ 48,03
Custo por tonelada	R\$ 91,72
Número de transbordos ativos:	20

Tabela 28 – Simulação 02 – Resultados de localização e utilização de CTR;

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
AS Mariana	215	88,0%	Acaiaca	1,2	0,68%
			Alvinópolis	6,0	3,24%
			Barra Longa	2,4	1,31%
			Desterro de Entre Rios	4,4	2,39%
			Diogo de Vasconcelos	0,5	0,28%
			Itabirito	62,0	33,78%
			Mariana	41,7	22,72%
			Ouro Preto	59,9	32,64%
			Porto Firme	5,4	2,96%
			TOTAL =	183,5	100,00%

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Ponte Nova	300	97,8%	Abre Campo	6,8	2,33%
			Alvinópolis	2,9	1,00%
			Amparo da Serra	2,3	0,78%
			Araponga	1,3	0,44%
			Cajuri	3,6	1,22%
			Canaã	1,3	0,44%
			Caputira	5,7	1,95%
			Coimbra	3,0	1,03%
			Dom Silvério	3,7	1,25%
			Guaraciaba	1,4	0,49%
			Jequeri	11,1	3,79%
			Matipó	19,5	6,65%
			Oratórios	3,1	1,06%
			Paula Cândido	5,7	1,93%
			Pedra do Anta	1,8	0,62%
			Piedade de Ponte Nova	4,2	1,42%
			Ponte Nova	49,2	16,77%
			Raul Soares	22,0	7,52%
			Rio Casca	4,1	1,41%
			Rio Doce	1,0	0,34%
			Santa Cruz do Escalvado	1,1	0,37%
			Santo Antônio do Gramma	2,0	0,69%
			São José do Goiabal	1,3	0,44%
			São Pedro dos Ferros	5,1	1,73%
			Sem-Peixe	1,2	0,41%
			Sericita	6,3	2,16%
			Teixeiras	4,8	1,65%
			Urucânia	6,0	2,05%
			Vermelho Novo	2,0	0,68%
			Viçosa	61,7	21,03%
			Visconde do Rio Branco	48,0	16,36%
			TOTAL =	293,3	100,00%

Tabela 29 – Simulação 02 – Localização e utilização de UTC.

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Abre Campo (UTC)	Abre Campo	7,0744	52,81%
	Sericita	6,3219	47,19%
	TOTAL =	13,3962	100,00%

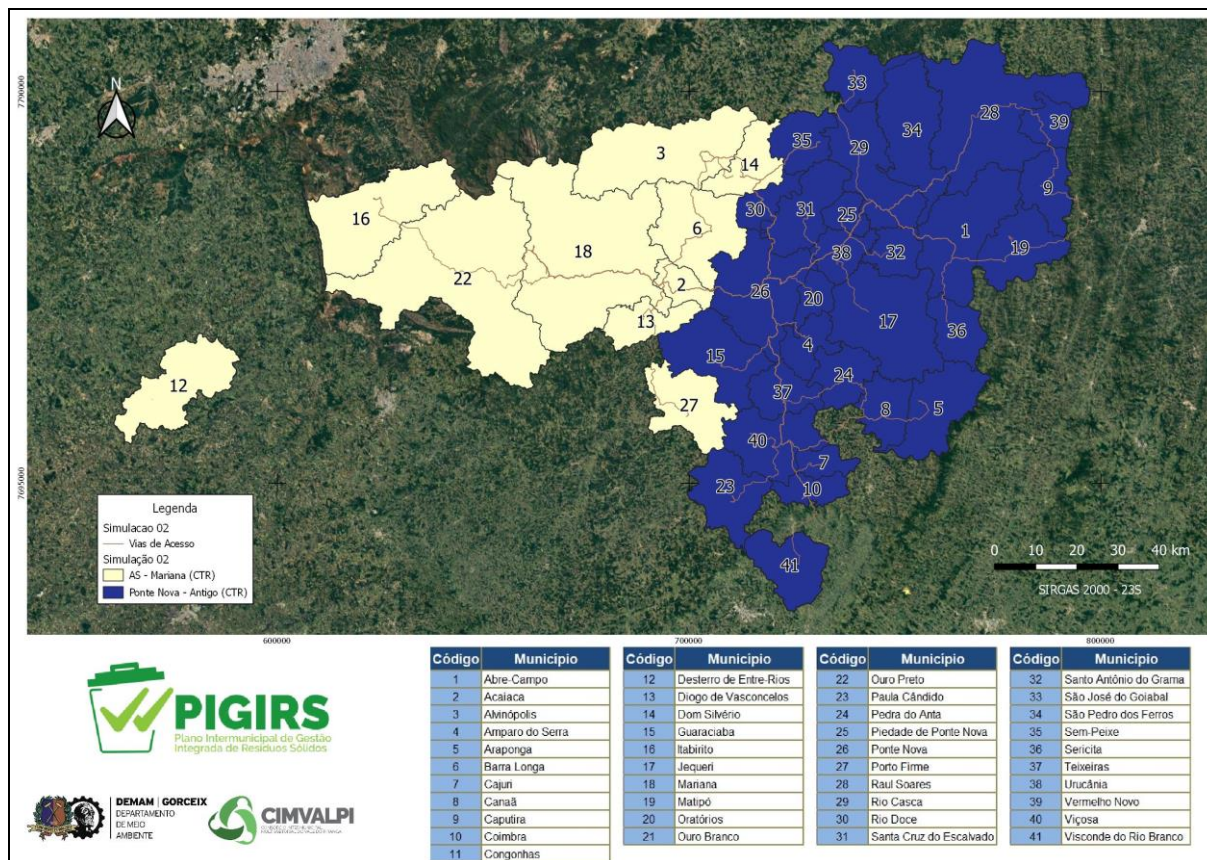
UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Araponga (UTC)	Araponga	1,3020	100,00%
	TOTAL =	1,3020	100,00%
Cajuri (UTC)	Cajuri	3,5831	100,00%
	TOTAL =	3,5831	100,00%
Raul Soares (UTC)	Caputira	5,7106	18,39%
	Raul Soares	23,3510	75,20%
	Vermelho Novo	1,9903	6,41%
	TOTAL =	31,0519	100,00%
Coimbra (UTC)	Coimbra	3,0245	100,00%
	TOTAL =	3,0245	100,00%
Dom Silvério (UTC)	Dom Silvério	4,6579	100,00%
	TOTAL =	4,6579	100,00%
Guaraciaba (UTC)	Guaraciaba	1,5519	100,00%
	TOTAL =	1,5519	100,00%
Paula Cândido (UTC)	Paula Cândido	6,1913	100,00%
	TOTAL =	6,1913	100,00%
Rio Doce (UTC)	Rio Doce	1,2167	100,00%
	TOTAL =	1,2167	100,00%
Santa Cruz do Escalvado (UTC)	Santa Cruz do Escalvado	1,2278	100,00%
	TOTAL =	1,2278	100,00%
Santo Antônio do Grama (UTC)	Santo Antônio do Grama	2,6114	100,00%
	TOTAL =	2,6114	100,00%
São José do Goiabal (UTC)	São José do Goiabal	3,1098	100,00%
	TOTAL =	3,1098	100,00%
Urucânia (UTC)	Urucânia	6,3669	100,00%
	TOTAL =	6,3669	100,00%

Tabela 30 – Simulação 02 – Localização e utilização Transbordos criados e existentes.

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Barra Longa	Acaiaca	1,2395	12,91%
	Alvinópolis	5,9508	61,97%
	Barra Longa	2,4117	25,12%
	TOTAL =	9,6020	100,00%
Transbordo existente na cidade de Rio Doce	Alvinópolis	2,9282	56,97%
	Rio Doce	1,0087	19,62%
	Sem-Peixe	1,2034	23,41%
	TOTAL =	5,1403	100,00%
Transbordo existente na cidade de Amparo da Serra	Amparo da Serra	2,2965	100,00%
	TOTAL =	2,2965	100,00%
Transbordo existente na cidade de Araponga	Araponga	1,3020	100,00%
	TOTAL =	1,3020	100,00%
Transbordo existente na cidade de Cajuri	Cajuri	3,5831	100,00%
	TOTAL =	3,5831	100,00%
Transbordo existente na cidade de Pedra do Anta	Canaã	1,2906	41,63%
	Pedra do Anta	1,8097	58,37%
	TOTAL =	3,1002	100,00%
Transbordo existente na cidade de Coimbra	Coimbra	3,0245	5,93%
	Visconde do Rio Branco	47,9892	94,07%
	TOTAL =	51,0138	100,00%
Transbordo existente na cidade de Guaraciaba	Guaraciaba	1,4225	100,00%
	TOTAL =	1,4225	100,00%
Transbordo criado no CTR de Aterro_Itabirito	Itabirito	61,9947	100,00%
	TOTAL =	61,9947	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Oratórios	Jequeri	11,1057	78,21%
	Oratórios	3,0941	21,79%
	TOTAL =	14,1999	100,00%
Transbordo existente na cidade de Matipó	Matipó	19,5002	100,00%
	TOTAL =	19,5002	100,00%
Transbordo existente na cidade de Paula Cândido	Paula Cândido	5,6577	100,00%
	TOTAL =	5,6577	100,00%
Transbordo existente na cidade de Piedade de Ponte Nova	Piedade de Ponte Nova	4,1516	100,00%
	TOTAL =	4,1516	100,00%
Transbordo criado no CTR de Porto Firme_Sugest_Aterro	Porto Firme	5,4367	100,00%
	TOTAL =	5,4367	100,00%
Transbordo existente na cidade de Rio Casca	Rio Casca	4,1393	44,96%
	São Pedro dos Ferros	5,0681	55,04%
	TOTAL =	9,2074	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santa Cruz do Escalvado	Santa Cruz do Escalvado	1,0802	100,00%
	TOTAL =	1,0802	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santo Antônio do Grama	Santo Antônio do Grama	2,0333	100,00%
	TOTAL =	2,0333	100,00%
Transbordo existente na cidade de São José do Goiabal	São José do Goiabal	1,2822	100,00%
	TOTAL =	1,2822	100,00%
Transbordo existente na cidade de Teixeira	Teixeiras	4,8475	100,00%
	TOTAL =	4,8475	100,00%
Transbordo existente na cidade de Viçosa	Viçosa	61,6901	100,00%
	TOTAL =	61,6901	100,00%

Figura 56 – Simulação 02 – Mapa de Arranjo Territorial



6.3. Simulação 03 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) com Limite de Distância

A Tabela 31 apresenta as premissas de análise para a simulação 03. Os principais parâmetros de saída estão apresentados na Tabela 32. A utilização e organização do CTR, UTC e transbordos estão apresentadas na Tabela 33, Tabela 34 e Tabela 35, respectivamente.

Tabela 31 – Simulação 03 – Premissas de análise.

Tema	Premissa
Tecnologia(s) avaliada(s)	Aterro Sanitário e gaseificação com recuperação energética
Criação de Transbordos	Definido exclusivamente em função do custo financeiro de execução/operação do transbordo.
Limite máximo de distância de trânsito dos resíduos entre municípios e CTR	Avaliação de distâncias máximas a serem percorridas pelo resíduo. De acordo com os critérios estabelecidos a distância máxima possível para atendimento a todos os quesitos do modelo foi de 130km.

Tema	Premissa
Cenário(s) Avaliado(s)	Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03)

Tabela 32 – Simulação 03 – Parâmetros Gerais.

Parâmetro	Resultado
Gate-fee	R\$ 71,21
Custo por tonelada	R\$ 107,06
Número de transbordos ativos:	25

Tabela 33 – Simulação 03 – Resultados de localização e utilização de CTR;

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (ton/dia)	Percentual de RSU (%)
AS Viçosa	215	97,00%	Amparo da Serra	2,2965	1,10%
			Araponga	1,3020	0,62%
			Cajuri	3,5831	1,72%
			Canaã	1,2906	0,62%
			Coimbra	3,0245	1,45%
			Diogo de Vasconcelos	0,5125	0,25%
			Guaraciaba	1,4225	0,68%
			Jequeri	11,1057	5,33%
			Matipó	19,5002	9,35%
			Oratórios	3,0941	1,48%
			Paula Cândido	5,6577	2,71%
			Pedra do Anta	1,8097	0,87%
			Ponte Nova	21,1473	10,14%
			Porto Firme	5,4367	2,61%
			Rio Doce	1,0087	0,48%
			Sem-Peixe	1,2034	0,58%
			Sericita	6,3219	3,03%
			Teixeiras	4,8475	2,32%
			Urucânia	4,3062	2,06%
			Viçosa	61,6901	29,58%
Visconde do Rio Branco	47,9892	23,01%			
TOTAL =	208,5500	100,00%			
Uniao_Piedade_Ponte_Nova	60,00	99,51%	Abre Campo	6,8233	11,43%

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (ton/dia)	Percentual de RSU (%)
			Caputira	5,7106	9,56%
			Dom Silvério	3,6771	6,16%
			Piedade de Ponte Nova	4,1516	6,95%
			Raul Soares	22,0478	36,93%
			Rio Casca	4,1393	6,93%
			Santa Cruz do Escalvado	1,0802	1,81%
			Santo Antônio do Grama	2,0333	3,41%
			São José do Goiabal	1,2822	2,15%
			São Pedro dos Ferros	5,0681	8,49%
			Urucânia	1,7019	2,85%
			Vermelho Novo	1,9903	3,33%
			TOTAL =	59,7058	100,00%
Rancharia (Ouro Preto)	215	97,00%	Acaiaca	1,2395	0,59%
			Alvinópolis	8,8790	4,26%
			Barra Longa	2,4117	1,16%
			Desterro de Entre Rios	4,3910	2,11%
			Itabirito	61,9947	29,73%
			Mariana	41,6921	19,99%
			Ouro Preto	59,8950	28,72%
			Ponte Nova	28,0470	13,45%
			TOTAL =	208,5500	100,00%

Tabela 34 – Simulação 03 – Localização e utilização de UTC.

UTC	Município	Quantidade de RSU (ton/dia)	Percentual de RSU (%)
Abre Campo (UTC)	Abre Campo	7,07	100,0%
	TOTAL =	7,07	100,0%
Araponga (UTC)	Araponga	1,30	100,0%

UTC	Município	Quantidade de RSU (ton/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	1,30	100,0%
Cajuri (UTC)	Cajuri	3,58	100,0%
	TOTAL =	3,58	100,0%
Coimbra (UTC)	Coimbra	3,02	100,0%
	TOTAL =	3,02	100,0%
Dom Silvério (UTC)	Dom Silvério	4,66	100,0%
	TOTAL =	4,66	100,0%
Guaraciaba (UTC)	Guaraciaba	1,55	100,0%
	TOTAL =	1,55	100,0%
Paula Cândido (UTC)	Paula Cândido	6,19	100,0%
	TOTAL =	6,19	100,0%
Raul Soares (UTC)	Raul Soares	23,35	100,0%
	TOTAL =	23,35	100,0%
Rio Doce (UTC)	Rio Doce	1,22	100,0%
	TOTAL =	1,22	100,0%
Santa Cruz do Escalvado (UTC)	Santa Cruz do Escalvado	1,23	100,0%
	TOTAL =	1,23	100,0%
Santo Antônio do Grama (UTC)	Santo Antônio do Grama	2,61	100,0%
	TOTAL =	2,61	100,0%
São José do Goiabal (UTC)	São José do Goiabal	3,11	100,0%
	TOTAL =	3,11	100,0%
Urucânia (UTC)	Urucânia	6,37	50,0%
	Urucânia	6,37	50,0%
	TOTAL =	12,73	100,0%

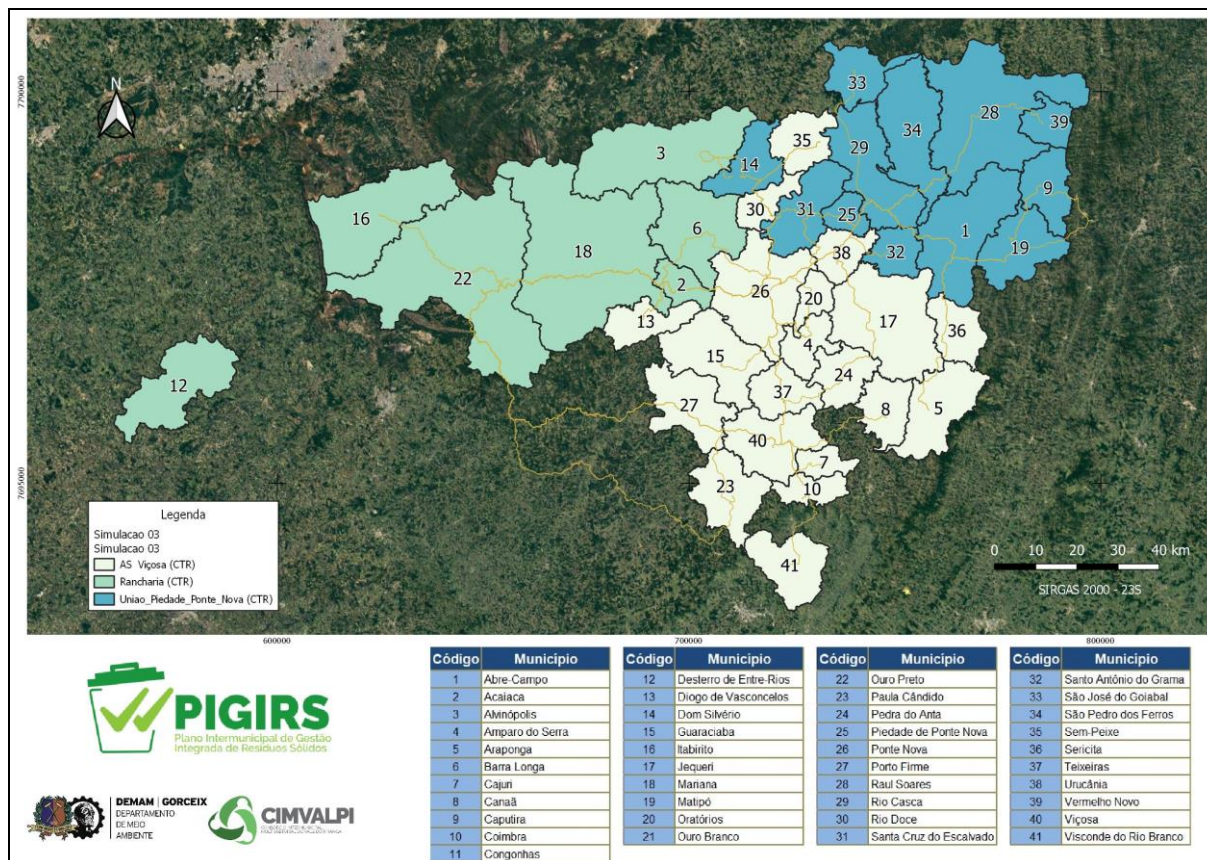
Tabela 35 – Simulação 03 – Localização e utilização Transbordos criados e existentes.

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (ton/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo em Barra Longa	Acaiaca	1,24	33,9%
	Barra Longa	2,41	66,1%
	TOTAL =	3,65	100,0%
Transbordo criado na cidade de Alvinópolis	Alvinópolis	8,88	100,0%
	TOTAL =	8,88	100,0%
Transbordo existente na cidade de Amparo da Serra	Amparo da Serra	2,30	42,6%
	Oratórios	3,09	57,4%
	TOTAL =	5,39	100,0%
Transbordo existente na cidade de Araponga	Araponga	1,30	100,0%
	TOTAL =	1,30	100,0%
Transbordo existente na cidade de Cajuri	Cajuri	3,58	100,0%
	TOTAL =	3,58	100,0%
Transbordo existente na cidade de Canaã	Canaã	1,29	100,0%
	TOTAL =	1,29	100,0%
Transbordo criado na cidade de Caputira	Caputira	5,71	100,0%
	TOTAL =	5,71	100,0%
Transbordo existente na cidade de Coimbra	Coimbra	3,02	100,0%
	TOTAL =	3,02	100,0%
Transbordo criado na cidade de Desterro de Entre Rios	Desterro de Entre Rios	4,39	100,0%
	TOTAL =	4,39	100,0%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (ton/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado em Porto_Firme	Diogo de Vasconcelos	0,51	8,6%
	Porto Firme	5,44	91,4%
	TOTAL =	5,95	100,0%
Transbordo existente na cidade de Santa Cruz do Escalvado	Dom Silvério	3,68	77,3%
	Santa Cruz do Escalvado	1,08	22,7%
	TOTAL =	4,76	100,0%
Transbordo existente na cidade de Guaraciaba	Guaraciaba	1,42	100,0%
	TOTAL =	1,42	100,0%
Transbordo criado no CTR de Aterro_Itabirito	Itabirito	61,99	100,0%
	TOTAL =	61,99	100,0%
Transbordo criado na cidade de Jequeri	Jequeri	11,11	100,0%
	TOTAL =	11,11	100,0%
Transbordo existente na cidade de Matipó	Matipó	19,50	100,0%
	TOTAL =	19,50	100,0%
Transbordo existente na cidade de Paula Cândido	Paula Cândido	5,66	100,0%
	TOTAL =	5,66	100,0%
Transbordo criado em Pedra_do_Anta	Pedra do Anta	1,81	100,0%
	TOTAL =	1,81	100,0%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (ton/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado no CTR de Ponte Nova	Ponte Nova	49,19	100,0%
	TOTAL =	49,19	100,0%
Transbordo existente na cidade de Rio Doce	Rio Doce	1,01	45,6%
	Sem-Peixe	1,20	54,4%
	TOTAL =	2,21	100,0%
Transbordo existente na cidade de Santo Antônio do Grama	Santo Antônio do Grama	2,03	100,0%
	TOTAL =	2,03	100,0%
Transbordo existente na cidade de São José do Goiabal	São José do Goiabal	1,28	100,0%
	TOTAL =	1,28	100,0%
Transbordo criado na cidade de São Pedro dos Ferros	São Pedro dos Ferros	5,07	100,0%
	TOTAL =	5,07	100,0%
Transbordo criado na cidade de Sericita	Sericita	6,32	100,0%
	TOTAL =	6,32	100,0%
Transbordo criado na cidade de Vermelho Novo	Vermelho Novo	1,99	100,0%
	TOTAL =	1,99	100,0%
Transbordo criado na cidade de Visconde do Rio Branco	Visconde do Rio Branco	47,99	100,0%
	TOTAL =	47,99	100,0%

Figura 57 – Simulação 03 – Mapa de Arranjo Territorial



6.4. Simulação 04 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) com participação de municípios limítrofes

A Tabela 36 apresenta as premissas de análise para a simulação 04. Os principais parâmetros de saída estão apresentados na Tabela 37. Para este cenário foi avaliada a participação de municípios limítrofes, conforme apresentado na Tabela 38. Os valores de geração e reciclagem foram definidos de acordo com a média observada dos municípios participantes do CIMVALPI. Outros municípios poderão utilizar da infraestrutura de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, desde que haja capacidade disponível de processamento/ disposição sem prejuízo (não atendimento) aos outros municípios consórcio.

A utilização e organização do CTR, UTC e transbordos estão apresentadas na Tabela 39, Tabela 40 e Tabela 41, respectivamente.

Tabela 36 – Simulação 04 – Premissas de análise.

Tema	Premissa
Tecnologia(s) avaliada(s)	Aterro Sanitário e gaseificação com recuperação energética
Criação de Transbordos	Com quantitativo mínimo de geração associado ao custo financeiro de execução/operação do transbordo.
Limite máximo de distância de trânsito dos resíduos entre municípios e CTR	Não exigido
Cenário(s) Avaliado(s)	Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03)

Tabela 37 – Simulação 04 – Parâmetros Gerais.

Parâmetro	Resultado
Gate-fee	R\$ 45,00
Custo por tonelada	R\$ 82,94
Número de transbordos ativos	31

Tabela 38 – Simulação 04 – Municípios limítrofes e infraestruturas associadas avaliados na solução consorciada;.

Município	Tipo
Catas Altas	Município e UTC
Congonhas	Município e UT (ASCACOM)
Jeceaba	Município e UTC
Manhumirim	Município, UT (Cooperativa Aguapé) e Transbordo
Ouro Branco	Município e UT (ASCOB)
Rio Acima	Município
Santa Bárbara	Município e UT (AREMPAT)
Santa Margarida	Município
São Brás do Suaçuí	Município
São Geraldo	Município e UTC
São Miguel do Anta	Município e UTC

Tabela 39 – Simulação 04 – Resultados de localização e utilização de CTR;.

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
AS - Mariana (CTR)	215	99,61%	Catas Altas	4,0146	1,87%
			Itabirito	61,9947	28,95%
			Mariana	41,6921	19,47%
			Ouro Branco	27,6138	12,89%
			Ouro Preto	59,8950	27,97%
			Rio Acima	7,7003	3,60%

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
			Santa Bárbara	11,2445	5,25%
			TOTAL =	214,1550	100,00%
AS - Viçosa (CTR)	215	97,00%	Amparo do Serra	2,2965	1,10%
			Araponga	1,3020	0,62%
			Cajuri	3,5831	1,72%
			Canaã	1,2906	0,62%
			Coimbra	3,0245	1,45%
			Congonhas	40,8918	19,61%
			Desterro de Entre Rios	4,3910	2,11%
			Diogo de Vasconcelos	0,5125	0,25%
			Guaraciaba	1,4225	0,68%
			Jeceaba	4,2725	0,0205
			Ouro Branco	1,8817	0,90%
			Paula Cândido	5,6577	2,71%
			Pedra do Anta	1,8097	0,87%
			Porto Firme	5,4367	2,61%
			São Brás do Suaçuí	2,7804	1,33%
			São Geraldo	8,1256	3,90%
			São Miguel do Anta	5,3445	2,56%
			Teixeiras	4,8475	2,32%
			Viçosa	61,6901	29,58%
			Visconde do Rio Branco	47,9892	23,01%
			TOTAL =	208,5500	100,00%
Dep. Irregular - Rio Casca (CTR)	215	97,00%	Abre Campo	6,8233	3,27%
			Acaiaca	1,2395	0,59%
			Alvinópolis	8,8790	4,26%
			Barra Longa	2,4117	1,16%
			Caputira	5,7106	2,74%
			Dom Silvério	3,6771	1,76%
			Jequeri	11,1057	5,33%
			Manhumirim	16,9286	8,12%
			Matipó	19,5002	9,35%
			Oratórios	3,0941	1,48%
			Piedade de Ponte Nova	4,1516	1,99%
			Ponte Nova	49,1943	23,59%
			Raul Soares	22,0478	0,1057
			Rio Casca	4,1393	1,98%
			Rio Doce	1,0087	0,48%

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
			Santa Bárbara	11,7592	5,64%
			Santa Cruz do Escalvado	1,0802	0,52%
			Santa Margarida	11,8917	5,70%
			Santo Antônio do Grama	2,0333	0,97%
			São José do Goiabal	1,2822	0,61%
			São Pedro dos Ferros	5,0681	2,43%
			Sem-Peixe	1,2034	0,58%
			Sericita	6,3219	3,03%
			Urucânia	6,0081	2,88%
			Vermelho Novo	1,9903	0,96%
			TOTAL =	208,5500	100,00%

Tabela 40 – Simulação 04 – Localização e utilização de UTC.

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Abre Campo (UTC)	Abre Campo	7,0744	100,00%
	TOTAL =	7,0744	100,00%
Araponga (UTC)	Araponga	1,3020	100,00%
	TOTAL =	1,3020	100,00%
Cajuri (UTC)	Cajuri	3,5831	100,00%
	TOTAL =	3,5831	100,00%
Catas Altas (UTC)	Catas Altas	4,1818	100,00%
	TOTAL =	4,1818	100,00%
Coimbra (UTC)	Coimbra	3,0245	100,00%
	TOTAL =	3,0245	100,00%
Dom Silvério (UTC)	Dom Silvério	4,6579	100,00%
	TOTAL =	4,6579	100,00%
Guaraciaba (UTC)	Guaraciaba	1,5519	100,00%
	TOTAL =	1,5519	100,00%
Jeceaba (UTC)	Jeceaba	4,4505	100,00%

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	4,4505	100,00%
Cooperativa Aguapé em Manhumirim (UTC)	Manhumirim	17,6339	100,00%
	TOTAL =	17,6339	100,00%
Ouro Branco (UTC)	Ouro Branco	30,7245	50,00%
	Ouro Branco	30,7245	50,00%
	TOTAL =	61,4489	100,00%
Paula Cândido (UTC)	Paula Cândido	6,1913	100,00%
	TOTAL =	6,1913	100,00%
Raul Soares (UTC)	Raul Soares	23,3510	92,15%
	Vermelho Novo	1,9903	7,85%
	TOTAL =	25,3413	100,00%
Rio Doce (UTC)	Rio Doce	1,2167	100,00%
	TOTAL =	1,2167	100,00%
AREMPAT em Santa Bárbara (UTC)	Santa Bárbara	23,9623	50,00%
	Santa Bárbara	23,9623	50,00%
	TOTAL =	47,9245	100,00%
Santa Cruz do Escalvado (UTC)	Santa Cruz do Escalvado	1,2278	100,00%
	TOTAL =	1,2278	100,00%
Santo Antônio do Gramma (UTC)	Santo Antônio do Gramma	2,6114	100,00%
	TOTAL =	2,6114	100,00%
São Geraldo (UTC)	São Geraldo	8,4642	100,00%
	TOTAL =	8,4642	100,00%
São José do Goiabal (UTC)	São José do Goiabal	3,1098	100,00%
	TOTAL =	3,1098	100,00%
São Miguel do Anta (UTC)	São Miguel do Anta	5,5672	100,00%
	TOTAL =	5,5672	100,00%
Urucânia (UTC)	Urucânia	6,3669	100,00%
	TOTAL =	6,3669	100,00%

Tabela 41 – Simulação 04 – Localização e utilização Transbordos criados e existentes.

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado na cidade de Alvinópolis	Alvinópolis	8,8790	100,00%
	TOTAL =	8,8790	100,00%
Transbordo existente na cidade de Amparo do Serra (TRANSBORDO)	Amparo do Serra	2,2965	100,00%
	TOTAL =	2,2965	100,00%
Transbordo existente na cidade de Araponga (TRANSBORDO)	Araponga	1,3020	100,00%
	TOTAL =	1,3020	100,00%
Transbordo existente na cidade de Barra Longa (TRANSBORDO)	Barra Longa	2,4117	100,00%
	TOTAL =	2,4117	100,00%
Transbordo existente na cidade de Cajuri (TRANSBORDO)	Cajuri	3,5831	100,00%
	TOTAL =	3,5831	100,00%
Transbordo existente na cidade de São Miguel do Anta (TRANSBORDO)	Canaã	1,2906	19,45%
	São Miguel do Anta	5,3445	80,55%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	6,6351	100,00%
Transbordo criado na cidade de Caputira	Caputira	5,7106	100,00%
	TOTAL =	5,7106	100,00%
Transbordo existente na cidade de Coimbra (TRANSBORDO)	Coimbra	3,0245	100,00%
	TOTAL =	3,0245	100,00%
Transbordo criado na cidade de Congonhas	Congonhas	40,8918	100,00%
	TOTAL =	40,8918	100,00%
Transbordo criado na cidade de Desterro de Entre Rios	Desterro de Entre Rios	4,3910	100,00%
	TOTAL =	4,3910	100,00%
Transbordo criado no CTR de Porto_Firme_Sugest_Aterro (CTR)	Diogo de Vasconcelos	0,5125	8,61%
	Porto Firme	5,4367	91,39%
	TOTAL =	5,9492	100,00%
Transbordo existente na cidade de Guaraciaba (TRANSBORDO)	Guaraciaba	1,4225	100,00%

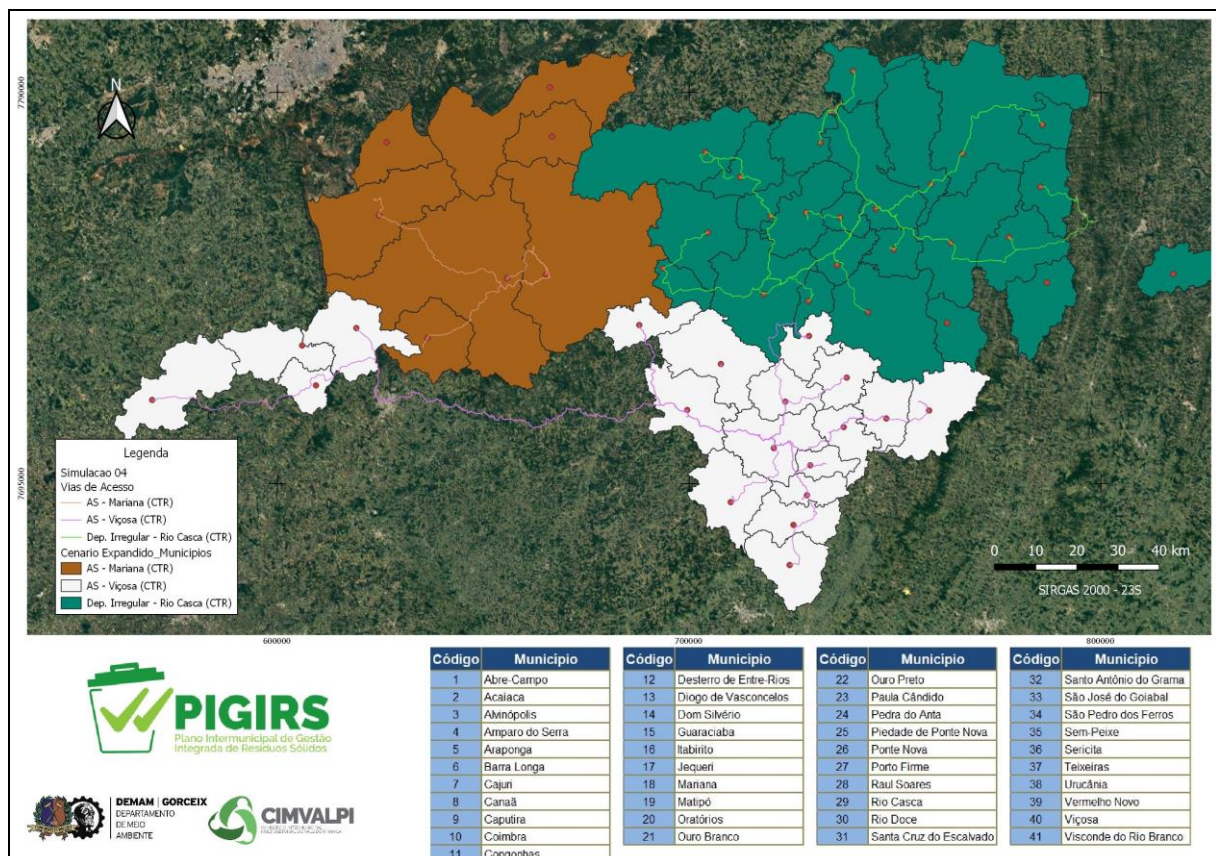
TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	1,4225	100,00%
Transbordo criado no CTR de Aterro_Itabirito (CTR)	Itabirito	65,8016	100,00%
	TOTAL =	65,8016	100,00%
Transbordo criado na cidade de São Brás do Suaçuí	Jeceaba	0,4196	13,11%
	São Brás do Suaçuí	2,7804	86,89%
	TOTAL =	3,2000	100,00%
Transbordo criado na cidade de Jequeri	Jequeri	11,1057	100,00%
	TOTAL =	11,1057	100,00%
Transbordo existente na cidade de Manhumirim (TRANSBORDO)	Manhumirim	16,9286	100,00%
	TOTAL =	16,9286	100,00%
Transbordo existente na cidade de Matipó (TRANSBORDO)	Matipó	20,2815	100,00%
	TOTAL =	20,2815	100,00%
Transbordo existente na cidade de Oratórios (TRANSBORDO)	Oratórios	3,0941	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	3,0941	100,00%
Transbordo existente na cidade de Paula Cândido (TRANSBORDO)	Paula Cândido	5,6577	100,00%
	TOTAL =	5,6577	100,00%
Transbordo existente na cidade de Pedra do Anta (TRANSBORDO)	Pedra do Anta	1,8097	100,00%
	TOTAL =	1,8097	100,00%
Transbordo existente na cidade de Piedade de Ponte Nova (TRANSBORDO)	Piedade de Ponte Nova	4,1516	100,00%
	TOTAL =	4,1516	100,00%
Transbordo criado no CTR de Ponte Nova - Antigo (CTR)	Ponte Nova	50,0447	100,00%
	TOTAL =	50,0447	100,00%
Transbordo criado na cidade de São Pedro dos Ferros	Raul Soares	1,8255	25,86%
	São Pedro dos Ferros	5,0681	71,80%
	Vermelho Novo	0,1648	2,33%
	TOTAL =	7,0584	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado na cidade de Rio Acima	Rio Acima	7,7003	100,00%
	TOTAL =	7,7003	100,00%
Transbordo existente na cidade de Rio Doce (TRANSBORDO)	Rio Doce	1,0087	100,00%
	TOTAL =	1,0087	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santa Cruz do Escalvado (TRANSBORDO)	Santa Cruz do Escalvado	1,0802	100,00%
	TOTAL =	1,0802	100,00%
Transbordo criado na cidade de Santa Margarida	Santa Margarida	11,8917	100,00%
	TOTAL =	11,8917	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santo Antônio do Grama (TRANSBORDO)	Santo Antônio do Grama	2,0333	100,00%
	TOTAL =	2,0333	100,00%
Transbordo existente na cidade de São José do Goiabal (TRANSBORDO)	São José do Goiabal	1,2822	51,59%
	Sem-Peixe	1,2034	48,41%
	TOTAL =	2,4856	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado na cidade de Sericita	Sericita	6,3219	100,00%
	TOTAL =	6,3219	100,00%
Transbordo criado na cidade de Visconde do Rio Branco	Visconde do Rio Branco	47,9892	100,00%
	TOTAL =	47,9892	100,00%

Figura 58 – Simulação 04 – Mapa de Arranjo Territorial.



6.5. Simulação 05 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) somente com utilização de Aterros Sanitários e sem limite de distância

A Tabela 42 apresenta as premissas de análise para a simulação 05. Os principais parâmetros de saída estão apresentados na Tabela 43. A utilização e organização do CTR, UTC e transbordos estão apresentadas na Tabela 44, Tabela 45 e Tabela 46, respectivamente.

Tabela 42 – Simulação 05 – Premissas de análise.

Tema	Premissa
Tecnologia(s) avaliada(s)	Aterro Sanitário
Criação de Transbordos	Com quantitativo mínimo de geração associado ao custo financeiro de execução/operação do transbordo.
Limite máximo de distância de trânsito dos resíduos entre municípios e CTR	Não exigido
Cenário(s) Avaliado(s)	Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03)

Tabela 43 – Simulação 05 – Parâmetros Gerais.

Parâmetro	Resultado
Gate-fee	R\$ 86,6
Custo por tonelada	R\$ 143,70
Número de transbordos ativos:	27

Tabela 44 – Simulação 05 – Resultados de localização e utilização de CTR;

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Mariana_Sugest_Aterro_01 (CTR)	500	95,36%	Abre Campo	6,823314829	1,43%
			Acaiaca	1,239509014	0,26%
			Alvinópolis	8,879007804	1,86%
			Amparo da Serra	2,296519476	0,48%

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
			Araponga	1,302003856	0,27%
			Barra Longa	2,411702289	0,51%
			Cajuri	3,583066414	0,75%
			Canaã	1,290572231	0,27%
			Caputira	5,7105951	1,20%
			Coimbra	3,024536063	0,63%
			Desterro de Entre Rios	4,391017873	0,92%
			Diogo de Vasconcelos	0,512485299	0,11%
			Dom Silvério	3,67706171	0,77%
			Guaraciaba	1,422475257	0,30%
			Itabirito	61,99466746	13,00%
			Jequeri	11,1057171	2,33%
			Mariana	41,69206741	8,74%
			Matipó	19,50017128	4,09%
			Oratórios	3,094149897	0,65%
			Ouro Preto	59,89504411	12,56%
			Paula Cândido	5,657685452	1,19%
			Pedra do Anta	1,809660301	0,38%
			Piedade de Ponte Nova	4,151643056	0,87%
			Ponte Nova	49,19430247	10,32%

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
			Porto Firme	5,436723659	1,14%
			Raul Soares	22,04784143	4,62%
			Rio Casca	4,139327885	0,87%
			Rio Doce	1,008660578	0,21%
			Santa Cruz do Escalvado	1,080153558	0,23%
			Santo Antônio do Grama	2,033316309	0,43%
			São José do Goiabal	1,282216786	0,27%
			São Pedro dos Ferros	5,068101597	1,06%
			Sem-Peixe	1,20339302	0,25%
			Sericita	6,321880307	1,33%
			Teixeiras	4,84747361	1,02%
			Urucânia	6,008127521	1,26%
			Vermelho Novo	1,990267086	0,42%
			Viçosa	61,69008029	12,94%
			Visconde do Rio Branco	47,98923572	10,06%
			TOTAL =	476,8057751	100,00%

Tabela 45 – Simulação 05 – Localização e utilização de UTC.

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Abre Campo (UTC)	Abre Campo	7,0744	100,00%
	TOTAL =	7,0744	100,00%

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Araponga (UTC)	Araponga	1,3020	100,00%
	TOTAL =	1,3020	100,00%
Cajuri (UTC)	Cajuri	3,5831	100,00%
	TOTAL =	3,5831	100,00%
Coimbra (UTC)	Coimbra	3,0245	100,00%
	TOTAL =	3,0245	100,00%
Dom Silvério (UTC)	Dom Silvério	4,6579	100,00%
	TOTAL =	4,6579	100,00%
Guaraciaba (UTC)	Guaraciaba	1,5519	100,00%
	TOTAL =	1,5519	100,00%
Paula Cândido (UTC)	Paula Cândido	6,1913	100,00%
	TOTAL =	6,1913	100,00%
Raul Soares (UTC)	Raul Soares	23,3510	92,15%
	Vermelho Novo	1,9903	7,85%
	TOTAL =	25,3413	100,00%
Rio Doce (UTC)	Rio Doce	1,2167	50,27%
	Sem-Peixe	1,2034	49,73%
	TOTAL =	2,4201	100,00%
Santa Cruz do Escalvado (UTC)	Santa Cruz do Escalvado	1,2278	100,00%
	TOTAL =	1,2278	100,00%
Santo Antônio do Grama (UTC)	Santo Antônio do Grama	2,6114	100,00%
	TOTAL =	2,6114	100,00%
São José do Goiabal (UTC)	São José do Goiabal	3,1098	100,00%
	TOTAL =	3,1098	100,00%
Urucânia (UTC)	Urucânia	6,3669	100,00%
	TOTAL =	6,3669	100,00%

Tabela 46 – Simulação 05 – Localização e utilização Transbordos criados e existentes.

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Barra Longa (TRANSBORDO)	Alvinópolis	8,8790	78,64%
	Barra Longa	2,4117	21,36%
	TOTAL =	11,2907	100,00%
Transbordo existente na cidade de Amparo da Serra (TRANSBORDO)	Amparo da Serra	2,2965	100,00%
	TOTAL =	2,2965	100,00%
Transbordo existente na cidade de Araçatuba (TRANSBORDO)	Araçatuba	1,3020	100,00%
	TOTAL =	1,3020	100,00%
Transbordo existente na cidade de Cajuri (TRANSBORDO)	Cajuri	3,5831	100,00%
	TOTAL =	3,5831	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Pedra do Anta (TRANSBORDO)	Canaã	1,2906	41,63%
	Pedra do Anta	1,8097	58,37%
	TOTAL =	3,1002	100,00%
Transbordo criado na cidade de Caputira	Caputira	5,7106	100,00%
	TOTAL =	5,7106	100,00%
Transbordo existente na cidade de Coimbra (TRANSBORDO)	Coimbra	3,0245	100,00%
	TOTAL =	3,0245	100,00%
Transbordo criado na cidade de Desterro de Entre Rios	Desterro de Entre Rios	4,3910	100,00%
	TOTAL =	4,3910	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Guaraciaba (TRANSBORDO)	Guaraciaba	1,4225	100,00%
	TOTAL =	1,4225	100,00%
Transbordo criado no CTR de Aterro_Itabirito (CTR)	Itabirito	65,8016	100,00%
	TOTAL =	65,8016	100,00%
Transbordo criado na cidade de Jequeri	Jequeri	11,1057	100,00%
	TOTAL =	11,1057	100,00%
Transbordo criado no CTR de AS - Mariana (CTR)	Mariana	44,3448	41,69%
	Ouro Preto	62,0206	58,31%
	TOTAL =	106,3654	100,00%

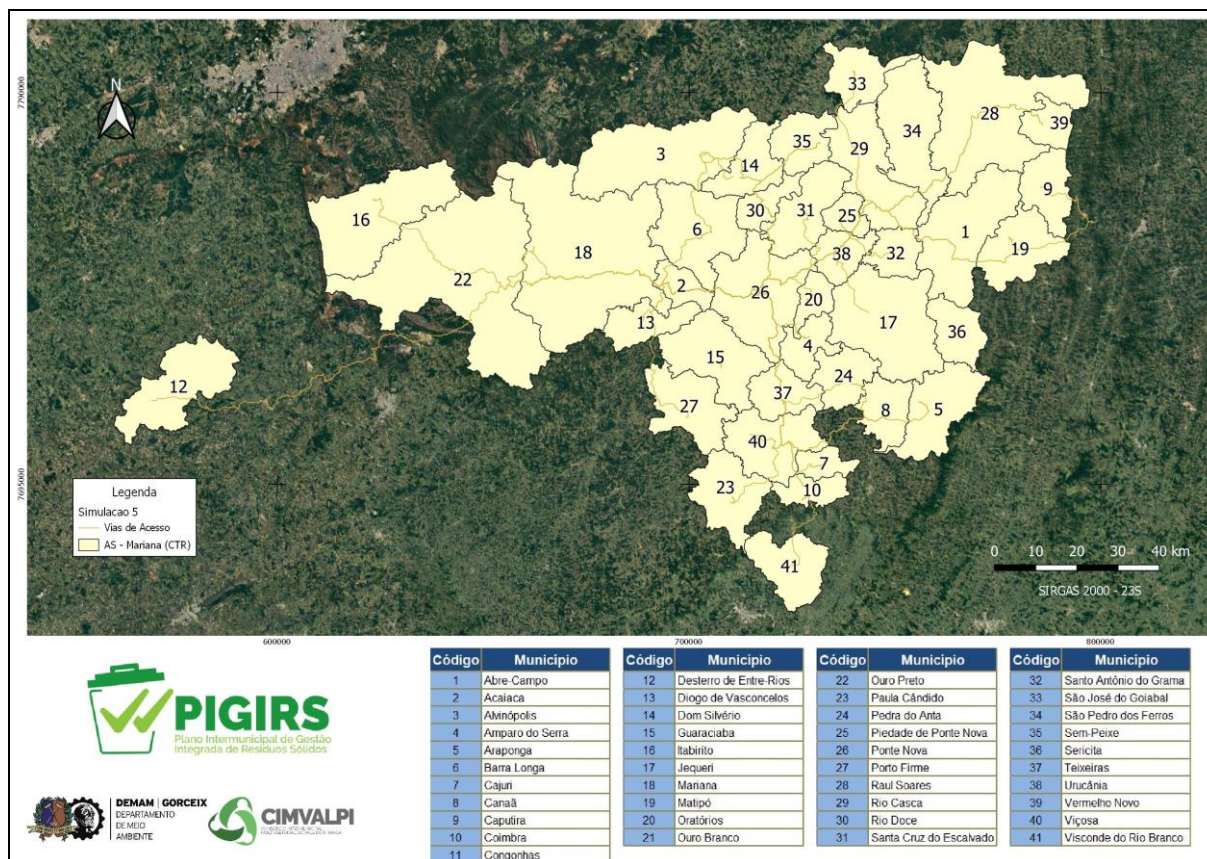
TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Matipó (TRANSBORDO)	Matipó	20,2815	100,00%
	TOTAL =	20,2815	100,00%
Transbordo existente na cidade de Oratórios (TRANSBORDO)	Oratórios	3,0941	100,00%
	TOTAL =	3,0941	100,00%
Transbordo existente na cidade de Paula Cândido (TRANSBORDO)	Paula Cândido	5,6577	100,00%
	TOTAL =	5,6577	100,00%
Transbordo existente na cidade de Piedade de Ponte Nova (TRANSBORDO)	Piedade de Ponte Nova	4,1516	50,07%
	Rio Casca	4,1393	49,93%
	TOTAL =	8,2910	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado no CTR de Ponte Nova - Antigo (CTR)	Ponte Nova	50,0447	100,00%
	TOTAL =	50,0447	100,00%
Transbordo criado no CTR de Porto_Firme_Sugest_Aterro (CTR)	Porto Firme	5,4367	100,00%
	TOTAL =	5,4367	100,00%
Transbordo criado na cidade de São Pedro dos Ferros	Raul Soares	1,8255	25,86%
	São Pedro dos Ferros	5,0681	71,80%
	Vermelho Novo	0,1648	2,33%
	TOTAL =	7,0584	100,00%
Transbordo existente na cidade de Rio Doce (TRANSBORDO)	Rio Doce	0,5487	45,60%
	Sem-Peixe	0,6547	54,40%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	1,2034	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santa Cruz do Escalvado (TRANSBORDO)	Santa Cruz do Escalvado	1,0802	100,00%
	TOTAL =	1,0802	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santo Antônio do Grama (TRANSBORDO)	Santo Antônio do Grama	2,0333	100,00%
	TOTAL =	2,0333	100,00%
Transbordo existente na cidade de São José do Goiabal (TRANSBORDO)	São José do Goiabal	1,2822	100,00%
	TOTAL =	1,2822	100,00%
Transbordo criado na cidade de Sericita	Sericita	6,3219	100,00%
	TOTAL =	6,3219	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Teixeira (TRANSBORDO)	Teixeiras	4,8475	100,00%
	TOTAL =	4,8475	100,00%
Transbordo criado no CTR de AS - Viçosa (CTR)	Viçosa	65,0627	100,00%
	TOTAL =	65,0627	100,00%
Transbordo criado na cidade de Visconde do Rio Branco	Visconde do Rio Branco	47,9892	100,00%
	TOTAL =	47,9892	100,00%

Figura 59 – Simulação 05 – Mapa de Arranjo Territorial



6.6. Simulação 06 - Cenários Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03) somente com utilização de Aterros Sanitários com limite de distância.

A Tabela 47 apresenta as premissas de análise para a simulação 06. Os principais parâmetros de saída estão apresentados na Tabela 48. A utilização e organização do CTR, UTC e transbordos estão apresentadas na Tabela 49, Tabela 50 e Tabela 51, respectivamente.

Tabela 47 – Simulação 06 – Premissas de análise.

Tema	Premissa
Tecnologia(s) avaliada(s)	Aterro Sanitário
Criação de Transbordos	Com quantitativo mínimo de geração de rejeitos (01 coleta semanal) associado ao custo financeiro de execução/operação do transbordo.
Limite máximo de distância de trânsito dos resíduos entre municípios e CTR	130 km
Cenário(s) Avaliado(s)	Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03)

Tabela 48 – Simulação 06 – Parâmetros Gerais.

Parâmetro	Resultado
Gate-fee	R\$ 103,04
Custo por tonelada	144,48
Número de transbordos ativos:	23

Tabela 49 – Simulação 06 – Resultados de localização e utilização de CTR;

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
AS Mariana	200	92,35%	Acaiaca	1,24	0,7%
			Alvinópolis	8,88	4,8%
			Barra Longa	2,41	1,3%
			Desterro de Entre Rios	4,39	2,4%
			Diogo de Vasconcelos	0,51	0,3%
			Dom Silvério	3,68	2,0%
			Itabirito	61,99	33,6%
			Mariana	41,69	22,6%
			Ouro Preto	59,90	32,4%
			TOTAL =	184,69	100,0%
			Pedra_do_Anta_Sugest_Aterro	300	97,37%
Amparo da Serra	2,30	0,8%			
Araponga	1,30	0,4%			
Cajuri	3,58	1,2%			
Canaã	1,29	0,4%			
Caputira	5,71	2,0%			
Coimbra	3,02	1,0%			
Guaraciaba	1,42	0,5%			
Jequeri	11,11	3,8%			
Matipó	19,50	6,7%			
Oratórios	3,09	1,1%			
Paula Cândido	5,66	1,9%			
Pedra do Anta	1,81	0,6%			
Piedade de Ponte Nova	4,15	1,4%			
Ponte Nova	49,19	16,8%			
Porto Firme	5,44	1,9%			

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
			Raul Soares	22,05	7,5%
			Rio Casca	4,14	1,4%
			Rio Doce	1,01	0,3%
			Santa Cruz do Escalvado	1,08	0,4%
			Santo Antônio do Grama	2,03	0,7%
			São José do Goiabal	1,28	0,4%
			São Pedro dos Ferros	5,07	1,7%
			Sem-Peixe	1,20	0,4%
			Sericita	6,32	2,2%
			Teixeiras	4,85	1,7%
			Urucânia	6,01	2,1%
			Vermelho Novo	1,99	0,7%
			Viçosa	61,69	21,1%
			Visconde do Rio Branco	47,99	16,4%
			TOTAL =	292,11	100,0%

Tabela 50 – Simulação 06 – Localização e utilização de UTC.

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Abre Campo (UTC)	Abre Campo	7,07	100%
	TOTAL =	7,07	100%
Araponga (UTC)	Araponga	1,30	100%
	TOTAL =	1,30	100%
Cajuri (UTC)	Cajuri	3,58	100%
	TOTAL =	3,58	100%
Coimbra (UTC)	Coimbra	3,02	100%
	TOTAL =	3,02	100%
Dom Silvério (UTC)	Dom Silvério	4,66	100%

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	4,66	100%
Guaraciaba (UTC)	Guaraciaba	1,55	100%
	TOTAL =	1,55	100%
Paula Cândido (UTC)	Paula Cândido	6,19	100%
	TOTAL =	6,19	100%
Raul Soares (UTC)	Raul Soares	23,35	100%
	TOTAL =	23,35	100%
Rio Doce (UTC)	Rio Doce	1,22	100%
	TOTAL =	1,22	100%
Santa Cruz do Escalvado (UTC)	Santa Cruz do Escalvado	1,23	100%
	TOTAL =	1,23	100%
Santo Antônio do Grama (UTC)	Santo Antônio do Grama	2,61	100%
	TOTAL =	2,61	100%
São José do Goiabal (UTC)	São José do Goiabal	3,11	100%
	TOTAL =	3,11	100%
Urucânia (UTC)	Urucânia	6,37	100%
	TOTAL =	6,37	100%

Tabela 51 – Simulação 06 – Localização e utilização Transbordos criados e existentes.

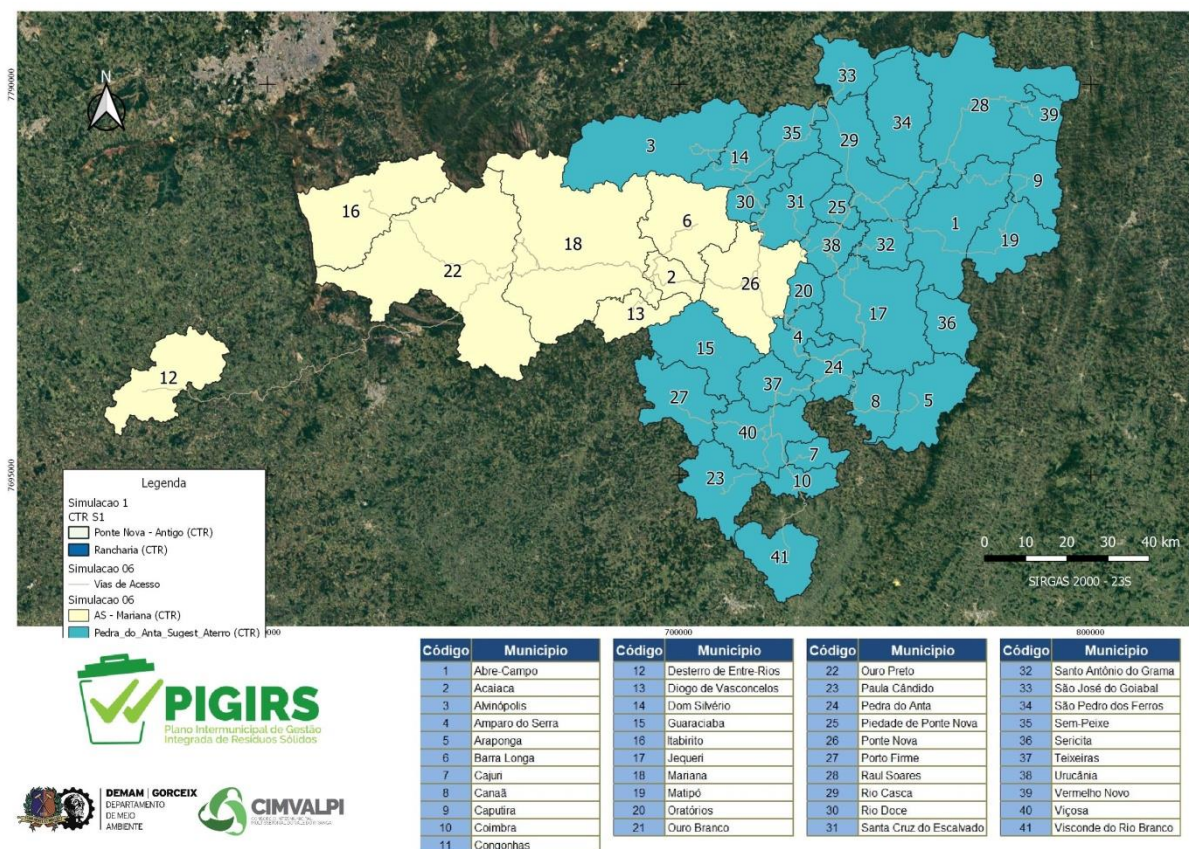
TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado no CTR de Barra_Longa_Sugest_Aterro_01	Acaiaca	1,2	33,9%
	Barra Longa	2,4	66,1%
	TOTAL =	3,7	100,0%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado na cidade de Alvinópolis	Alvinópolis	8,9	100,0%
	TOTAL =	8,9	100,0%
Transbordo existente na cidade de Araponga	Araponga	1,3	100,0%
	TOTAL =	1,3	100,0%
Transbordo existente na cidade de Cajuri	Cajuri	3,6	100,0%
	TOTAL =	3,6	100,0%
Transbordo criado na cidade de Caputira	Caputira	5,7	74,2%
	Vermelho Novo	2,0	25,8%
	TOTAL =	7,7	100,0%
Transbordo existente na cidade de Coimbra	Coimbra	3,0	100,0%
	TOTAL =	3,0	100,0%
Transbordo criado na cidade de Desterro de Entre Rios	Desterro de Entre Rios	4,4	100,0%
	TOTAL =	4,4	100,0%
Transbordo existente na cidade de Guaraciaba	Guaraciaba	1,4	100,0%
	TOTAL =	1,4	100,0%
Transbordo criado no CTR de Aterro_Itabirito	Itabirito	62,0	100,0%
	TOTAL =	62,0	100,0%
Transbordo criado na cidade de Jequeri	Jequeri	11,1	100,0%
	TOTAL =	11,1	100,0%
Transbordo existente na cidade de Matipó	Matipó	19,5	100,0%
	TOTAL =	19,5	100,0%
Transbordo existente na cidade	Oratórios	3,1	100,0%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
de Oratórios			
	TOTAL =	3,1	100,0%
Transbordo existente na cidade de Paula Cândido	Paula Cândido	5,7	100,0%
	TOTAL =	5,7	100,0%
Transbordo existente na cidade de Piedade de Ponte Nova	Piedade de Ponte Nova	4,2	50,1%
	Rio Casca	4,1	49,9%
	TOTAL =	8,3	100,0%
Transbordo criado no CTR de Ponte Nova	Ponte Nova	49,2	100,0%
	TOTAL =	49,2	100,0%
Transbordo criado no CTR de AS Viçosa	Porto Firme	5,4	8,1%
	Viçosa	61,7	91,9%
	TOTAL =	67,1	100,0%
Transbordo existente na cidade de Rio Doce	Rio Doce	1,0	100,0%
	TOTAL =	1,0	100,0%
Transbordo existente na cidade de Santa Cruz do Escalvado	Santa Cruz do Escalvado	1,1	100,0%
	TOTAL =	1,1	100,0%
Transbordo existente na cidade de Santo Antônio do Grama	Santo Antônio do Grama	2,0	100,0%
	TOTAL =	2,0	100,0%
Transbordo existente na cidade de São José do Goiabal	São José do Goiabal	1,3	51,6%
	Sem-Peixe	1,2	48,4%
	TOTAL =	2,5	100,0%
Transbordo criado na cidade de São Pedro dos Ferros	São Pedro dos Ferros	5,1	100,0%
	TOTAL =	5,1	100,0%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo criado na cidade de Sericita	Sericita	6,3	100,0%
	TOTAL =	6,3	100,0%
Transbordo criado na cidade de Visconde do Rio Branco	Visconde do Rio Branco	48,0	100,0%
	TOTAL =	48,0	100,0%

Figura 60 – Simulação 06 – Mapa de Arranjo Territorial.



6.7. Simulação 07 - Cenário Tendencial (Cenário 1) com Quantidade Mínima de Transbordo.

A Tabela 52 apresenta as premissas de análise para a simulação 07. Os principais parâmetros de saída estão apresentados na Tabela 53. A utilização e organização do CTR, UTC e transbordos estão apresentadas na Tabela 54, Tabela 55 e Tabela 56, respectivamente.

Tabela 52 – Simulação 07 – Premissas de análise.

Tema	Premissa
Tecnologia(s) avaliada(s)	Aterro Sanitário e gaseificação com recuperação energética
Criação de Transbordos	Com quantitativo mínimo de geração de rejeitos (01 coleta de contêiner por semana) associado ao custo financeiro de execução/operação do transbordo.
Limite máximo de distância de trânsito dos resíduos entre municípios e CTR	Não exigido
Cenário(s) Avaliado(s)	Desejável e de Aplicação (Cenários 02 e 03)

Tabela 53 – Simulação 07 – Parâmetros Gerais.

Parâmetro	Resultado
Gate-fee	R\$ 46,60
Custo por tonelada	R\$ 87,73
Número de transbordos ativos:	24

Tabela 54 – Simulação 07 – Resultados de localização e utilização de CTR;

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
AS - Mariana (CTR)	264	97,00%	Acaiaca	1,4475	0,57%
			Barra Longa	2,8164	1,10%
			Desterro de Entre Rios	4,1634	1,63%
			Itabirito	72,9818	28,50%
			Mariana	48,4414	18,92%
			Ouro Preto	69,5728	27,17%
			Ponte Nova	56,6567	22,12%
			TOTAL =	256,0800	100,00%
AS - Viçosa (CTR)	294	97,90%	Abre Campo	7,2815	2,53%
			Alvinópolis	10,3691	3,60%
			Amparo da Serra	2,4286	0,84%
			Araponga	1,5205	0,53%
			Cajuri	4,1844	1,45%
			Canaã	1,5072	0,52%
			Caputira	6,6689	2,32%
			Coimbra	3,5321	1,23%
			Diogo de Vasconcelos	0,5462	0,19%
			Dom Silvério	3,6861	1,28%
			Guaraciaba	1,5258	0,53%
			Jequeri	10,5990	3,68%
			Matipó	22,9555	7,98%
			Oratórios	3,2248	1,12%
			Paula Cândido	6,6630	2,32%
			Pedra do Anta	1,8203	0,63%
			Piedade de Ponte Nova	4,8139	1,67%
			Ponte Nova	0,4174	0,15%
			Porto Firme	5,0004	1,74%
			Raul Soares	23,6233	8,21%

CTR	Capacidade (ton)	Utilização (%)	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
			Rio Casca	4,5418	1,58%
			Rio Doce	0,6017	0,21%
			Rio Doce	0,6017	0,21%
			Santa Cruz do Escalvado	1,1640	0,40%
			Santo Antônio do Grama	2,2388	0,78%
			São José do Goiabal	1,3658	0,47%
			São Pedro dos Ferros	5,1610	1,79%
			Sem-Peixe	0,6017	0,21%
			Sem-Peixe	0,6204	0,22%
			Sericita	1,5205	0,53%
			Sericita	5,2004	1,81%
			Teixeiras	5,0947	1,77%
			Urucânia	7,0738	2,46%
			Vermelho Novo	1,6410	0,57%
			Viçosa	71,9772	25,01%
			Visconde do Rio Branco	56,0427	19,47%
			TOTAL =	287,8153	100,00%

Tabela 55 – Simulação 07 – Localização e utilização de UTC.

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Abre Campo (UTC)	Abre Campo	7,4864	100,00%
	TOTAL =	7,4864	100,00%
Araponga (UTC)	Araponga	1,5205	50,00%
	Sericita	1,5205	50,00%
	TOTAL =	3,0410	100,00%
Cajuri (UTC)	Cajuri	4,1844	100,00%
	TOTAL =	4,1844	100,00%
Coimbra (UTC)	Coimbra	3,5321	100,00%
	TOTAL =	3,5321	100,00%
Dom Silvério (UTC)	Dom Silvério	4,6206	100,00%
	TOTAL =	4,6206	100,00%
Guaraciaba (UTC)	Guaraciaba	1,6487	100,00%
	TOTAL =	1,6487	100,00%

UTC	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Paula Cândido (UTC)	Paula Cândido	7,2303	100,00%
	TOTAL =	7,2303	100,00%
Raul Soares (UTC)	Raul Soares	24,8033	100,00%
	TOTAL =	24,8033	100,00%
Rio Doce (UTC)	Rio Doce	1,4055	53,87%
	Sem-Peixe	1,2035	46,13%
	TOTAL =	2,6090	100,00%
Santa Cruz do Escalvado (UTC)	Santa Cruz do Escalvado	1,3081	100,00%
	TOTAL =	1,3081	100,00%
Santo Antônio do Grama (UTC)	Santo Antônio do Grama	2,7975	100,00%
	TOTAL =	2,7975	100,00%
São José do Goiabal (UTC)	São José do Goiabal	3,2155	100,00%
	TOTAL =	3,2155	100,00%
Urucânia (UTC)	Urucânia	7,4354	100,00%
	TOTAL =	7,4354	100,00%

Tabela 56 – Simulação 07 – Localização e utilização Transbordos criados e existentes.

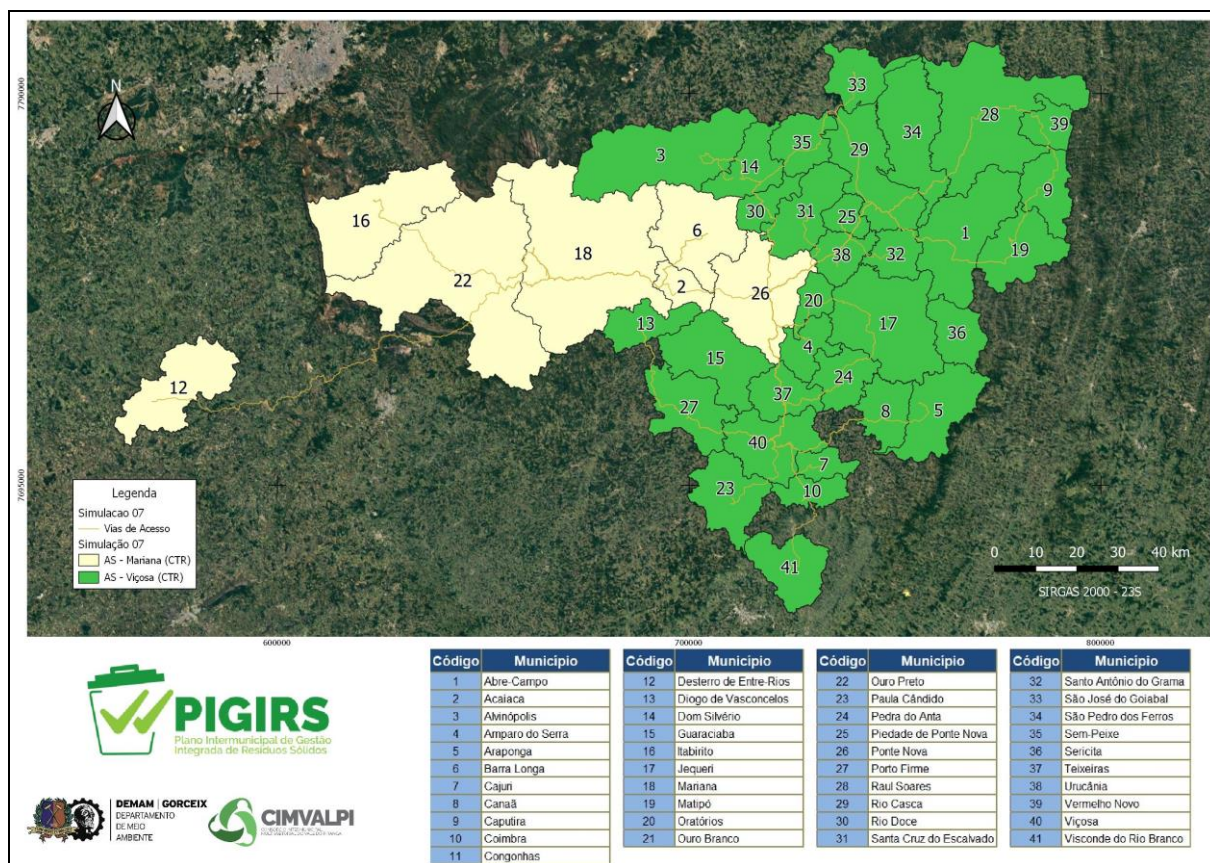
TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
Transbordo existente na cidade de Barra Longa (TRANSBORDO)	Acaiaca	1,4475	33,95%
	Barra Longa	2,8164	66,05%
	TOTAL =	4,2639	100,00%
Transbordo criado na cidade de Alvinópolis	Alvinópolis	10,3691	100,00%
	TOTAL =	10,3691	100,00%
Transbordo existente na cidade de Amparo da Serra (TRANSBORDO)	Amparo da Serra	2,4286	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
	TOTAL =	2,4286	100,00%
Transbordo existente na cidade de Araponga (TRANSBORDO)	Araponga	1,5205	22,62%
	Sericita	5,2004	77,38%
	TOTAL =	6,7209	100,00%
Transbordo existente na cidade de Cajuri (TRANSBORDO)	Cajuri	4,1844	100,00%
	TOTAL =	4,1844	100,00%
Transbordo existente na cidade de Canaã (TRANSBORDO)	Canaã	1,5072	100,00%
	TOTAL =	1,5072	100,00%
Transbordo criado na cidade de Caputira	Caputira	6,6689	80,25%
	Vermelho Novo	1,6410	19,75%
	TOTAL =	8,3100	100,00%
Transbordo existente na cidade de Coimbra (TRANSBORDO)	Coimbra	3,5321	100,00%
	TOTAL =	3,5321	100,00%
Transbordo criado na cidade de Desterro de Entre Rios	Desterro de Entre Rios	4,1634	100,00%
	TOTAL =	4,1634	100,00%
Transbordo criado no CTR de Porto_Firme_Sugest_Aterro (CTR)	Diogo de Vasconcelos	0,5462	9,85%
	Porto Firme	5,0004	90,15%
	TOTAL =	5,5466	100,00%
Transbordo existente na cidade de Guaraciaba (TRANSBORDO)	Guaraciaba	1,5258	100,00%
	TOTAL =	1,5258	100,00%
Transbordo criado no CTR de Aterro_Itabirito (CTR)	Itabirito	76,8443	100,00%
	TOTAL =	76,8443	100,00%
Transbordo existente na cidade	Jequeri	10,5990	76,67%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
de Oratórios (TRANSBORDO)			
	Oratórios	3,2248	23,33%
	TOTAL =	13,8238	100,00%
Transbordo existente na cidade de Matipó (TRANSBORDO)	Matipó	23,6851	100,00%
	TOTAL =	23,6851	100,00%
Transbordo existente na cidade de Paula Cândido (TRANSBORDO)	Paula Cândido	6,6630	100,00%
	TOTAL =	6,6630	100,00%
Transbordo existente na cidade de Pedra do Anta (TRANSBORDO)	Pedra do Anta	1,8203	100,00%
	TOTAL =	1,8203	100,00%
Transbordo existente na cidade de Piedade de Ponte Nova (TRANSBORDO)	Piedade de Ponte Nova	4,8139	51,45%
	Rio Casca	4,5418	48,55%
	TOTAL =	9,3557	100,00%
Transbordo criado no CTR de Ponte Nova - Antigo (CTR)	Ponte Nova	57,6150	100,00%
	TOTAL =	57,6150	100,00%
Transbordo existente na cidade de Rio Doce (TRANSBORDO)	Rio Doce	0,6017	50,00%
	Sem-Peixe	0,6017	50,00%
	TOTAL =	1,2035	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santa Cruz do Escalvado (TRANSBORDO)	Santa Cruz do Escalvado	1,1640	100,00%
	TOTAL =	1,1640	100,00%
Transbordo existente na cidade de Santo Antônio do Grama (TRANSBORDO)	Santo Antônio do Grama	2,2388	100,00%
	TOTAL =	2,2388	100,00%
Transbordo existente na cidade	São José do	1,3658	100,00%

TRANSBORDO	Município	Quantidade de RSU (t/dia)	Percentual de RSU (%)
de São José do Goiabal (TRANSBORDO)	Goiabal		
	TOTAL =	1,3658	100,00%
Transbordo criado na cidade de São Pedro dos Ferros	São Pedro dos Ferros	5,1610	100,00%
	TOTAL =	5,1610	100,00%
Transbordo criado na cidade de Visconde do Rio Branco	Visconde do Rio Branco	56,0427	100,00%
	TOTAL =	56,0427	100,00%

Figura 61 – Simulação 07 – Mapa de Arranjo Territorial.



7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados dos levantamentos da infraestrutura existente, avaliação para escolha de áreas com melhores características ambientais e o modelamento operacional do fluxo de resíduos no território CIMVALPI foram fundamentais para subsidiar à tomada de decisão quanto às tecnologias a serem utilizadas para o consórcio. As simulações realizadas no capítulo 4 indicam as variações de custos correlacionados ao transporte a partir dos municípios, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, de acordo com a Tabela 57.

Tabela 57 – Tabela resumo dos principais resultados das simulações de implementação de infraestrutura CIMVALPI..

Simulação	Solução Definida	Número de CTR	Locais de CTR	Gate-fee (R\$)	Custo por tonelada (R\$)	Número de transbordos Ativos
Simulação 01	Gaseificação	2	Ponte Nova e Ouro Preto	47,89	86,95	27
Simulação 02	Gaseificação	2	Mariana e Ponte Nova	48,03	91,72	20
Simulação 03	Gaseificação	2	Ponte Nova e Ouro Preto	71,21	107,06	25
Simulação 04	Gaseificação	3	Mariana, Viçosa e Rio Casca	45,00	82,94	31
Simulação 05	Aterro Sanitário	1	Mariana	86,6	143,70	27
Simulação 06	Aterro Sanitário	2	Mariana e Pedra do Anta	103,04	144,48	23
Simulação 07	Gaseificação	2	Mariana e Viçosa	46,60	87,73	24

É observado que, na maioria dos casos, o modelo aponta custos menores associados ao transporte a maiores distâncias em detrimento ao aumento no quantitativo de infraestrutura instalada no território. Isso se deve, principalmente, aos quantitativos mínimos necessários à viabilização destes empreendimentos, corroborando a necessidade de atuação consorciada para destinação ambientalmente correta e economicamente mais atrativa aos municípios.

Apesar dos menores custos apontarem para instalações em Ouro Preto e Ponte Nova (Simulação de Arranjo Territorial 01), há de se atentar que a área está em processo de concessão. Portanto, a Simulação 02 seria a mais indicada para

atendimento ao consórcio. Esta localização é estratégica, considerando a necessidade de disposição das cinzas geradas no processo de gaseificação.

Para solução com aterro sanitário, o modelo indica que aterro de maior porte, localizado em Mariana, seria o que apresenta os menores custos associados. Deve-se, portanto, observar a capacidade do aterro municipal para atuação consorciada, levando em conta sua vida útil. A modelagem ambiental para escolha de áreas com viabilidade ambiental para aterro indica outra área com potencial de instalação para este fim localiza no Município de Mariana, conforme Figura 51. No caso de solução com aterro e implementação consorciada esta área deve ser avaliada executivamente e definidos os custos globais para utilização, preferencialmente em sinergia com a área atual.

Independente da tecnologia, o modelo indica necessidade de transporte de resíduos entre os municípios e locais de CTR a distâncias maiores do que 100 km, considerando os menores custos associados ao gerenciamento. Esta indicação está associada a dois fatores principais: A necessidade de utilização mínima das estruturas (aterro ou usinas com recuperação energética) para diminuição da capacidade ociosa e às características do território, que possui municípios de menor população distantes em relação aos municípios de maior população.

A criação de transbordos se mostrou fundamental para redução de custos em vários municípios. A definição de quantitativos mínimos necessários à criação de novos transbordos indica os municípios que possuem sinergia para atuação conjunta e devem avaliar soluções para estabelecimento de infraestrutura compartilhada e atendimento às metas de reciclagem e compostagem definidas, tais como UTC ou UC. Nestes casos é reforçada a coleta seletiva e coleta diferenciada de orgânicos, conforme preconizado nos procedimentos e prognóstico do produto 08.

Em algumas simulações, o modelo indica que alguns municípios devem enviar os resíduos para transbordos já criados em outras localidades, tais como Alvinópolis para Rio Doce (Atualmente já recebe de Sem-Peixe) ou Visconde do Rio Branco para Coimbra. Apesar do custo menor indicado pelo modelo, estas soluções se mostram operacionalmente complexas, devido ao aumento expressivo nos quantitativos de resíduos nestes transbordos. Os custos de transbordo são de um projeto de referência e podem sofrer variações em cada município, a depender da infraestrutura previamente disponível, materiais utilizados e forma de execução.

Portanto, nestes casos se deve preferencialmente optar por uma infraestrutura local de transbordo devido aos maiores quantitativos. No caso do transbordo de Oratórios receber resíduos de Jequeri, a avaliação deve ser realizada criteriosamente, pois esta ação pode viabilizar as tratativas iniciais para criação de associação de catadores no município.

Conforme exposto, de acordo com critérios ambientais e financeiros, as simulações indicam custos mais atrativos para as soluções de gaseificação com recuperação energética, cujo modelo de negócio é bastante sensível às variações de quantitativos. A aplicação dessa solução fica, portanto, condicionada à participação de outros municípios limítrofes, considerando a diminuição dos quantitativos de rejeitos associados à aplicação das ações de redução, reutilização reciclagem e compostagem definidas para o PIGIRS/ CIMVALPI.

No processo licitatório não devem ser limitadas as tecnologias aplicadas, sejam de recuperação energética ou não. Estas tecnologias devem atender plenamente às metas de reciclagem, compostagem e redução de geração de rejeitos previstas no PIGIRS/CIMVALPI, além dos quesitos ambientais, de regularização ambiental, legislações vigentes e custos previstos. No caso da recuperação energética, no Brasil até o momento somente existem plantas piloto, sem um projeto de grande escala. As soluções, no geral, são propriedade e patente de empresas, com poucos fornecedores. Nesta solução é recomendada a concessão com garantia de preços a serem pagos pelos municípios consorciados, desde que com investimentos privados.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL E AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. **Listas de aeródromos civis cadastrados**. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/cadastro-de-aerodromos-civis>. Acesso em: 14 set. 2020.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. ABNT NBR 13896, de junho de 1997 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.896: Aterro de resíduos não perigosos – Critérios para a projeto, implantação e operação. Referências. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013, ano base 2012. Brasília: 2013. Disponível em: <https://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF13-BR.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2020.
- ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Resumo: Caderno de Ações Área de Atuação do COMPE, Anexo 5 do Relatório Contratual R-10 (2001)**. Disponível em: <http://200.198.57.118:8080/jspui/handle/123456789/631>. Acesso em: 15 jan. 2020.
- AZEVEDO, U. R. DE; MACHADO, M. M. M.; CASTRO, P. DE T. A.; RINGER, F. E.; TREVISOL, A.; BEATO, D. A. C. **Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta (2012)**. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17149/1/quadrilatero.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- AZUL CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA. Plano de Manejo Monumento Natural Municipal “Gruta Nossa Senhora da Conceição da Lapa” - Diagnóstico. V. I. Belo Horizonte, 2010.
- BARBOSA, I. S.; NOGUEIRA, D. F.; AGUIAR, J. A. B.; SANTANA, A. P. **Panorama das áreas prioritárias de Minas Gerais**. In: Drummond, G. M; Martins, C. S.; Greco, M. B.; Vieira, F. (editores). Diagnóstico do Conhecimento sobre a Biodiversidade no Estado de Minas Gerais - Subsídio ao Programa BIOTA MINAS. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009. p. 521-534. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/biotaminas/publicacao/biotaminas.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- BARROS, R. T. V. Elementos de gestão de Resíduos Sólidos. Belo horizonte: Tessitura, 2012.
- BIODIVERSITAS. **Lista da Fauna Ameaçada de Extinção de Minas Gerais [2006]**. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/listas-mg/MG-especies-Fauna-ameacadas.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2020.
- BIODIVERSITAS. Revisão das Lista da Fauna Ameaçada de Extinção de Minas Gerais [2007]. CD Listas Vermelhas.exe. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/cdlistavermelha/default.asp>. Acesso em: 26 mai. 2020.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. ***Mergus octosetaceus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22680482A143756439**. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22680482A143756439.en>. Acesso em: 27 mai. 2020.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. ***Scytalopus iraiensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22728464A94986972**. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22728464A94986972.en>. Acesso em: 27 Ma. 2020.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. ***Amazona vinacea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22686374A118954406**. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22686374A118954406.en>. Acesso em: 28 mai. 2020.
- BOMFIM, LUIZ F. C. Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil em ambiente SIG: concepção e metodologia. In: **Suplemento - XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**; 31 ago – 6 set. 2010, são Luís. São Luís (Maranhão): Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). Disponível em <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22886>. Acesso em: 30 mar. 2020.
- BORN, Viviane. Avaliação da aptidão de áreas para a instalação de aterro sanitário com o uso de ferramentas de apoio à decisão por múltiplos critérios. Dissertação (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário UNIVANTES, Lajeado, 2013.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 22 mai. 2020.

- BRASIL. **Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013.** Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>. Acesso em: 22 mai. 2020.
- BRASIL. **Lei Federal nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967.** Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5197.htm. Acesso em: 22 mai. 2020.
- BRASIL. Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766compilado.htm. Acesso em: 20 mar. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm. Acesso em: 29 jan. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm. Acesso em: 16 mar. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 22 mai. 2020.
- BRASIL. LEI nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- BRASIL. **Lei nº 12.725, de 16 de outubro de 2012.** Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12725.htm> Acesso em: 5 de jun. de 2020.
- BRASIL. **Lei nº 6.660, de 21 de novembro de 2008.** Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm. Acesso em: 16 mar. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938compilada.htm. Acesso em: 22 mai. 2020.
- BRASIL. **Nota Técnica Conjunta nº 1/2020/SPPI/MMA/FUNASA.** Diretrizes para a estruturação de projetos relacionados ao manejo dos resíduos sólidos urbanos no âmbito do Fundo de Apoio à Estruturação e ao Desenvolvimento de Projetos de Concessão e Parcerias Público-Privadas (FEP) da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.. Disponível em: https://www.ppi.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=7128. Acesso em: 22 mai. 2020.
- CABRAL, A. V. Análise multicritério em sistemas de informação geográfica para a localização de aterros sanitários. O caso da região Sul da Ilha de Santiago, Cabo Verde. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Faculdade de ciências sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.
- CARVALHO, R. R. Aplicação de análise multicritério em ambiente de geoprocessamento no estudo de áreas para implantação de aterros sanitários – área sul da RIDE/DF e entorno. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília – UNB, Brasília, 2017.
- CAVALCANTE, V. B. P.; EVANGELISTA, H. J. Distrito manganêsífero de saúde, Grupo Dom Silvério – MG: caracterização mineralógica e petrográfica do protominério. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, p. 11 – 20, 2004. **CIA Brasileira de Projetos e Empreendimentos - COBRAPE.** Tomo I do RP02 - Revisão, complementação e consolidação do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba: SF3 (out. 2018). Disponível em: <https://www.pdrhparaopeba.com/copia-contato>. Acesso em: 22 jan. 2020.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. **Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil - 1:2.500.000, 2007.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Mapa-de->

Dominios%7CSubdominios-Hidrogeologicos-do-Brasil-1%3A2.500.000-632.html.Acesso em: 30 mar. 2020.

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. **Excursão virtual pela Estrada Real no Quadrilátero Ferrífero: Aspectos Geológicos: Estratigrafia.** Out. 2007a. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geoparques/estrada_real/geologia_estratigrafia.html>. Acesso em 17 abr. 2020.excursão virtual
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. **Projeto APA Sul do meio físico. Área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte.** Geologia, v. 1, Belo Horizonte, 2005a.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. **Projeto APA Sul do meio físico. Área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte.** Geotecnia, v. 4, Belo Horizonte, 2005b.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. **Projeto APA Sul do meio físico. Área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte.** Pedologia – Parte A, v. 5, Belo Horizonte, 2005c.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos dos Brasil: Ponte Nova, folha SF.23-X-B-III, Estado de Minas Gerais.** Brasília: CPRM/DNPM, 2007.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM; DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos dos Brasil: Caratinga, folha SE.23-Z-D-VI, Estado de Minas Gerais.** Brasília: CPRM/DNPM, 2000.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM; DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos dos Brasil: Ponte Nova, folha SF.23-X-B-II, Estado de Minas Gerais.** Brasília: CPRM/DNPM, 1991.
- Conselho de Política Ambiental - COPAM. Deliberação Normativa Copam nº 217 , de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>. Acesso em 12 ago. 2020.
- Conselho de Política Ambiental - COPAM. Deliberação Normativa COPAM nº118, 27 de junho de 2008. Altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências.. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7976>. Acesso em 12 ago. 2020.
- Conselho de Política Ambiental - COPAM. Deliberação Normativa COPAM nº 52, de 14 de dezembro de 2001. Convoca municípios para o licenciamento ambiental de sistema adequado de disposição final de lixo e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5479>. Acesso em 12 ago. 2020.
- CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. Deliberação Normativa COPAM nº 147, de 30 de abril de 2010. Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=13192>. Acesso em: 22 mai. 2020.
- DINIZ, J. A. O.; MONTEIRO, A. B.; SILVA, R. DE C.; PAULA, T. L. F. **Manual de Cartografia Hidrogeológica.** Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014.
- DORR, JOHN VAN NOSTRAND. **Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero.** 1957.
- DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y (Org.). **Biodiversidade em Minas Gerais: síntese das áreas prioritárias de Minas Gerais.** Fundação Biodiversitas: Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/atlas/sintese.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- FLORENZANO TEREZA G. (Org.). **Geomorfologia e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- FOCUS GESTÃO AMBIENTAL LTDA (coord.). **Revisão do Plano de Manejo: Caracterização e diagnóstico APAM Canaã.** Canaã, 2018.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Plano de Manejo da Estação Ecológica do Tripuí – Ouro Preto – MG.** v. 1. Belo Horizonte, 1995.

- GOVERNADOR DO ESTADO DE MINAS GERAIS – GEMG. **Decreto nº 47.749, de 11 de novembro de 2019**. Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências..
- GOVERNADOR DO ESTADO DE MINAS GERAIS – GEMG. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.
- GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - GEMG. **Bacias hidrográficas** (Atualizado em: 6 mai. 2019). Disponível em: <https://www.mg.gov.br/conteudo/conheca-minas/geografia/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IDE-SISEMA. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em 12 ago. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências. Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed., n. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências. Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed., n. 5. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de Isoietas de precipitações Médias Anuais do Brasil - isoietas anuais na escala 1:5.000.000 - Base cartográfica digital, escala 1:1.000.000 obtida a partir da Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo do IBGE**. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>. Acesso em: 4 abr. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 179p. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101648>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume I**. 1.ed. Brasília, Distrito Federal: ICMBIO, 2018a.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume II – Mamíferos**. 1.ed. Brasília, Distrito Federal: ICMBIO, 2018b.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume III – Aves**. 1.ed. Brasília, Distrito Federal: ICMBIO, 2018c.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume IV – Répteis**. 1 ed. Brasília, Distrito Federal: ICMBIO, 2018d.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume V – Anfíbios**. 1 ed. Brasília, Distrito Federal: ICMBIO, 2018e.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume VI – Peixes**. 1.ed. Brasília, Distrito Federal: ICMBIO, 2018f.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume VII – Invertebrados**. 1.ed. Brasília, Distrito Federal: ICMBIO, 2018g.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. **Cobertura vegetal de Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/florestas>. Acesso em: 17 mar. 2020.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. **Plano de Manejo do Monumento Natural Estadual de Itatiaia – Encarte 1 – Diagnóstico**. Belo Horizonte, 2017b.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro – PESB. – Encarte 1 – Diagnóstico do Parque**. Belo Horizonte, 2007a.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Itacolomi – PEIT. – Encarte 1 – Diagnóstico**. Belo Horizonte, 2007b.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. **Plano de Manejo do Parque Estadual Serra do Ouro Branco. – Encarte 1 – Diagnóstico do Parque**. Belo Horizonte, 2017a.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo os usos preponderantes: Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos SF5**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://200.198.57.118:8080/jspui/handle/123456789/951>. Acesso em: 22 jan. 2020.

- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará: Alto Rio São Francisco, Minas Gerais: Etapa 5– Caracterização dos Recursos Hídricos.** Belo Horizonte, 2006b. Disponível em: <http://200.198.57.118:8080/jspui/handle/123456789/647>. Acesso em: 22 jan. 2020.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará: Alto Rio São Francisco, Minas Gerais: Etapa 2– Caracterização do Meio Físico.** Belo Horizonte, 2006a. Disponível em: <http://200.198.57.118:8080/jspui/handle/123456789/644>. Acesso em: 22 jan. 2020.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas: Plano diretor consolidado – volume 1 – diagnóstico.** Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://200.198.57.118:8080/jspui/handle/123456789/669>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Doce e planos de ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no âmbito da Bacia do Rio Doce: Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão DO1- PARH- Piranga, Jun. 2010b.** Disponível em: <http://200.198.57.118:8080/jspui/handle/123456789/974>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Plano integrado de recurso hídricos da Bacia do Rio Doce e dos planos de ações de recursos hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no âmbito da Bacia do Rio Doce. Plano de Ação de recursos hídricos da Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Piracicaba – PARH Piracicaba.** Belo Horizonte, 2010a.
- JÚNIOR, RIGUEIRA ITAMAR. **Meio Ambiente: Campos rupestres podem perder mais de 70% de sua cobertura em 30 anos** [11 de junho 2018]. Disponível em: <https://ufmg.br/comunicacao/noticias/campos-rupestres-podem-perder-mais-de-70-de-sua-cobertura-em-30-anos>. Acesso em: 17 mar. 2020.
- LAMOUNIER, W. L.; CARVALHO, V. L. M.; SALGADO, A. A. R. Serra do Gandarela: Possibilidade de Ampliação das Unidades de Conservação no Quadrilátero Ferrífero - MG. **Revista do Departamento e Geografia**, v. 22, p. 171-192, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2011.0022.0009.
- LEITE, F.S.F., PEZZUTI, T.L., GARCIA, P.C.A. Anfíbios anuros do Quadrilátero Ferrífero (data de acesso). Disponível em: <http://saglab.ufv.br/aqf/>. Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal, Minas Gerais, 2019.
- LEPSCH, IGOR F. **19 lições de pedologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- MACHADO, M. F.; SILVA, S. F. (Orgs.). **Geodiversidade do estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: CPRM, 2010. 131 p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16735>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Portaria MMA nº 444, de 17 de dezembro de 2014.** Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - mamíferos, aves, répteis, anfíbios e invertebrados terrestres. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=121&data=18/12/2014>. Acesso em: 22 mai. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Portaria MMA nº 445, de 17 de dezembro de 2014.** Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=126&data=18/12/2014>. Acesso em: 22 mai. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Rede brasileira de reservas da biosfera.** Brasília: MMA, 2016.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Relatório Parabenizado – Unidade de Conservação: Parque Estadual do Itacolomi.** [2020a]. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/portalcnuc/rel/index.php?fuseaction=portal.consultarFicha>. Acesso em: 13 mai. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Relatório Parabenizado – Unidade de Conservação: Parque Estadual Serra do Ouro Branco.** [2020c]. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/portalcnuc/rel/index.php?fuseaction=portal.consultarFicha>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Relatório Parabenizado – Unidade de Conservação: Parque Nacional Serra do Gandarela.** [2020b]. Disponível em:

<http://sistemas.mma.gov.br/portalcnuc/rel/index.php?fuseaction=portal.consultarFicha>. Acesso em: 20 mai. 2020.

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 27 mar. 2020.
- MYR PROJETOS. **Produto 3 – Diagnóstico e banco de dados georreferenciado – Plano de manejo do Parque das Andorinhas em Ouro Preto - MG**. Belo Horizonte, 2017.
- NOCE, C. M.; SOARES, A. C. P.; SILVA, L. C.; ALKMIM, F. F. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuai. **Revista Geonomos**, v.15, p. 17-23, 2007.]
- PEDROSA, MARCO A. F. **Avaliação de susceptibilidade a movimentos de massa e erosão no município de Ouro Preto/MG em escala regional**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Núcleo de Geotecnia - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.
- PREFEITURA DE MARIANA. **Plano de Manejo Parque Municipal Da Estância Ecológica do Cruzeiro**. Mariana, 2018.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA - PMPN. **Área de proteção ambiental Vau Açú – Plano de Manejo**. Viçosa, [20--].
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA. **Plano de Manejo – Área de Proteção Ambiental Vau Açú**. Ponte Nova, [20-?].
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA. **Plano de Manejo - Parque Municipal da Estância Ecológica do Cruzeiro**. Ponte Nova, 2015.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. Campo Rupestre. **EMBRAPA**, [20-?]. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_39_911200585233.html. Acesso em: 4 de mai. de 2020.
- ROSSI, DANIEL Q. **Estratigrafia e arcabouço estrutural da região de Fábrica Nova, Quadrilátero, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais), Departamento de Geologia - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.
- SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. Elsevier Science Publishers B. V. P. 9-26. North-Holland, 1990.
- SAATY, T. L. The analytic hierarchy process – What it is and how it is used. *Mathl Modelling*. V.9, nº3, p. 161-176, 1987.
- SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 187 p.
- SCHMIDT, Tanara. **SELEÇÃO DE ÁREA E DIMENSIONAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO PARA O CONSÓRCIO PÚBLICO INTERMUNICIPAL PARA ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DO G8 – CIPAE G8**. Dissertação (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário UNIVANTES, Lajeado, 2016.
- SECRETARIA DE CULTURA, MEIO AMBIENTE E TURISMO DE JEQUERI– SECMATE. **Plano de Manejo da APAM Jequeri**. Jequeri, [20-?].
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE – SMAOP. **Relatório de Estudos Técnicos Parque Horto dos Contos**. Ouro Preto, 2010.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE – SMAOP. **Relatório de Estudos Técnicos Parque Natural Municipal de Cachoeira do Campo**. Ouro Preto, 2011.
- SILVA, B. C.; LEAL, F.; THOMASSEN, H.; MARTINS, S. V.; TEIXEIRA, E.; OSWALD, C.; FERNANDES, I.; FREIRE, I. R.; PINTO, H. B. A.; GARCIA, P.; LEITE, F. S. F. Avifauna do Parque Nacional da Serra do Gandarela, Minas Gerais: Uma Contribuição do Plano de Ação Nacional para Conservação da Herpetofauna da Serra do Espinhaço. *In: Anais do Congresso Brasileiro de Herpetologia, 2017, Anais eletrônicos.Campinas, Galoá, 2020*. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbh/papers/anurofauna-do-parque-nacional-da-serra-do-gandarela--minas-gerais--uma-contribuicao-do-plano-de-acao-nacional-para-conse?lang=pt-br>>. Acesso em: 29 mai. 2020.
- SILVA, C. A.; PINHEIRO, F. M. L.; OLIVEIRA, F. L. S. Análise multicritério na identificação de áreas prioritárias para implantação de aterro sanitário na região do Maciço de Baturité, Ceará. Dissertação (Graduação em Geografia), Universidade Estadual do Ceará – UECE, Ceará, 2018.
- SILVA, JEFFERSON L. G. Identificação das áreas aptas a aplicação de biofertilizantes suíno com utilização de SIG. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, 2017.

- SILVA, SÉRGIO LIMA. **Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil: Mapeamento geológico e cadastramento de recursos minerais da região leste de Minas Gerais – Coronel Fabriciano – Folha SE.23-Z-D-V – Escala 1:100.000.** Belo Horizonte: CPRM, 2000.
- UFV - CETEC - UFLA - FEAM. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 4 de mai. de 2020.
- VARGAS, Ricardo. Utilizando a programação multicritério (AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. PMI Global Congress 2010 – North America, Washington DC, EUA, 2010.
- VASCONCELOS, Vitor Vieira Campos de altitude, campos rupestres e aplicação da Lei da Mata Atlântica: Estudo prospectivo para o Estado de Minas Gerais. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 32, n 2, p.110-133, 2014.
- ZANGRISSI, DANIELE DA SILVA. **Paleoclima da Formação Fonseca, Minas Gerais, e caracterização das interações inseto-plantas durante o Eoceno-Oligoceno.** Dissertação (Título de Graduação em Geologia), Instituto de Geociências - Universidade estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2016.

APÊNDICE I – DADOS COMPILADOS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO AHP

Tabela 58 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização de todos os critérios.

Fatores	Pedologia	L/EU	UOS	DCU	DVA	UCS	ZA-UCI	CECAV	VNAPC-EE	RB-MA	RB-SE	λ	%
Pedologia	1	2	3	5	5	4	4	7	9	9	9	0,26	25,68
Litologia e Unidades Estratigráficas (L/UE)	1/2	1	3	5	5	4	4	6	9	9	9	0,22	22,03
Uso e Ocupação do Solo (UOS)	1/3	1/3	1	3	3	2	2	4	7	7	7	0,12	12,48
Distância de Centros Urbanos (Sedes Municipais) (DCU)	1/5	1/5	1/3	1	2	1/5	1/5	2	3	3	3	0,05	4,87
Distância de Vias de Acesso (DVA)	1/5	1/5	1/3	1/2	1	1/7	1/7	2	5	5	5	0,05	5,36
UC (Exceto as de Proteção Integral) (UCS)	1/4	1/4	1/2	5	3	1	1	3	5	5	5	0,10	9,52
Zona de Amortecimento das UC Integral (ZA-UCI)	1/4	1/4	1/2	5	6	1	1	3	5	5	5	0,11	10,56
Alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades (CECAV)	1/7	1/6	1/4	1/2	1/2	1/3	1/3	1	3	3	3	0,04	3,73
Vegetação nativa em áreas prioritárias para conservação, considerada de importância biológica “extrema” ou “especial” (VNAPC-EE)	1/9	1/9	1/7	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1/3	1/3	0,02	1,53
Reserva da Biosfera Mata Atlântica (RB-MA)	1/9	1/9	1/7	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	3	1	1	0,02	2,12
Reserva da Biosfera Serra do Espinhaço (RB-SE)	1/9	1/9	1/7	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	3	1	1	0,02	2,12
Total	3,21	4,73	9,35	26,00	26,10	13,28	13,28	29,00	53,00	48,33	48,33	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 59 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização das Reservas Biosferas.

Reserva Biosfera Serra do Espinhaço/Mata Atlântica	Transição	Amortecimento	Núcleo	Zona externa a reserva	λ	%
Transição	1	3	5	1/3	0,263	26,33%
Amortecimento	1/3	1	3	1/5	0,122	12,19%
Núcleo	1/5	1/3	1	1/7	0,057	5,69%
Zona externa a reserva	3	5	7	1	0,558	55,79%
Total	4,53	9,33	16,00	1,68	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 60 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização das áreas prioritárias de conservação.

Área prioritária de conservação	Extrema	Muito alta a alta	Especial	Não prioritária	λ	%
Extrema	1	1/5	1/3	1/9	0,05	5,19%
Muito alta a alta	5	1	3	1/3	0,27	27,37%
Especial	3	1/3	1	1/3	0,14	14,10%
Não prioritária	9	3	3	1	0,53	53,33%
Total	18,00	4,53	7,33	1,78	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 61 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização das cavidades e das áreas com potencial de ocorrência de cavidades.

Cavidades	Cavidades + 250m	Muito Alta	Alta	Média	Baixa	Ocorrência improvável	λ	%
Cavidades + 250m	1	1/2	1/3	1/5	1/7	1/9	0,03	3,09%
Muito Alta	2	1	1/3	1/5	1/7	1/9	0,04	4,03%
Alta	3	3	1	1/3	1/5	1/7	0,07	7,33%
Média	5	5	3	1	1/3	1/5	0,14	13,98%
Baixa	7	7	5	3	1	1/3	0,25	25,42%
Ocorrência improvável	9	9	7	5	3	1	0,46	46,15%
Total	27,00	25,50	16,67	9,73	4,82	1,90	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 62 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização do uso e ocupação do solo.

Uso e ocupação do solo	Floresta	Vegetação não florestal	Agropecuária	Área não vegetada	Corpos D'água	λ	%
Floresta	1	3	1/3	5	7	0,27	27,38%
Vegetação não florestal	1/3	1	1/5	3	5	0,14	14,34%
Agropecuária	3	5	1	5	7	0,47	47,24%
Área não vegetada	1/5	1/3	1/5	1	2	0,07	6,88%
Corpos D'água	1/7	1/5	1/7	1/2	1	0,04	4,15%
Total	4,68	9,53	1,88	14,50	22,00	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 63 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização das zonas de amortecimento de unidades de conservação (UC) de uso integral.

Zona de amortecimento de UC de uso integral	Dentro da área	Fora da área	λ	%
Dentro da área	1	1/9	0,10	10%
Fora da área	9	1	0,90	90%
Total	10,00	1,11	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 64 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização de unidades de conservação (UC) de uso sustentável.

UC de uso sustentável	Dentro do área	Zona de amortecimento (3km)	FZA	λ	%
Dentro da área	1	1/5	1/9	0,06	6,37%
Zona de Amortecimento (3km)	5	1	1/3	0,27	26,74%
Fora da zona de amortecimento (FZA)	9	3	1	0,67	66,89%
Total	15,00	4,20	1,44	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 65 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização das distâncias dos centros urbanos.

Distância dos Centros urbanos	0 - 500m	500 - 1000m	1000 - 3000m	3000 - 5000m	5000 - 7000 m	>7000m	λ	%
-------------------------------	----------	-------------	--------------	--------------	---------------	--------	-----------	---

Distância dos Centros urbanos	0 - 500m	500 - 1000m	1000 - 3000m	3000 - 5000m	5000 - 7000 m	>7000m	λ	%
0 - 500m	1	1/9	1/8	1/7	1/5	1	0,03	3,07%
500 - 1000m	9	1	2	5	7	9	0,43	43,12%
1000 - 3000m	8	1/2	1	3	5	7	0,27	27,42%
3000 - 5000m	7	1/5	1/3	1	3	5	0,15	14,79%
5000 - 7000 m	5	1/7	1/5	1/3	1	3	0,08	8,22%
>7000m	1	1/9	1/7	1/5	1/3	1	0,03	0,03
Total	31,00	2,07	3,80	9,68	16,53	26,00	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 66 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização das distâncias das vias de acesso.

Distância das vias de acesso	0 - 200m	200 - 300m	300 - 500m	500 - 700m	>700m	λ	%
0 - 200m	1	1/9	1/7	1/5	1/3	0,03	3,48%
200 - 300m	9	1	3	5	7	0,50	50,28%
300 - 500m	7	1/3	1	3	5	0,26	26,02%
500 - 700m	5	1/5	1/3	1	3	0,13	13,44%
>700m	3	1/7	1/5	1/3	1	0,07	6,78%
Total	25,00	1,79	4,68	9,53	16,33	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 67 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização dos tipos de solo.

Tipo de solo	Latossolo	Cambissolo	Afloramento rochoso	Neossolo	Argissolo	λ	%
Latossolo	1	3	9	5	1/3	0,27	26,52%
Cambissolo	1/3	1	5	3	1/5	0,13	12,79%
Afloramento rochoso	1/9	1/5	1	1/3	1/9	0,03	3,27%
Neossolo	1/5	1/3	3	1	1/9	0,06	6,14%
Argissolo	3	5	9	9	1	0,51	51,29%
Total	4,64	9,53	27,00	18,33	1,76	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 68 - Aplicação da Técnica AHP para a priorização da geologia (litotipos).

Litotipo	Gnaise, ortognaise, paragnaise, biotita gnaise e anfibolito	Rochas metamáficas, metabásica, metaultramáficas, máfico-ultramáficas	Xisto	Filito	Itabirito e dolomito	Granito, tonalito, granodiorito, granitóide	Quartzito	Solos sedimentares e outros	λ	%
Gnaise, ortognaise, paragnaise, biotita gnaise e anfibolito	1	2	4	5	6	7	8	9	0,35	34,55%
Rochas metamáficas, metabásica, metaultramáficas, máfico-ultramáficas	1/2	1	2	4	5	6	7	9	0,24	23,69%
Xisto	1/4	1/2	1	2	3	4	5	7	0,14	13,93%
Filito	1/5	1/4	1/2	1	2	4	5	6	0,10	10,30%
Itabirito e dolomito	1/6	1/5	1/3	1/2	1	2	5	7	0,08	7,82%
Granito, tonalito, granodiorito, granitóide	1/7	1/6	1/4	1/4	1/2	1	3	4	0,05	4,84%
Quartzito	1/8	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	3	0,03	3,01%
Solos sedimentares e outros	1/9	1/9	1/7	1/6	1/7	1/4	1/3	1	0,02	1,87%
Total	2,50	4,37	8,43	13,12	17,84	24,58	34,33	46,00	-	-

Fonte: Elaboração própria.