



# TOLEDO

PREFEITURA DO MUNICÍPIO

Secretaria Municipal do Meio Ambiente

## PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA DO NOVO ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RESÍDUOS CLASSE II) DO MUNICÍPIO DE TOLEDO – PR

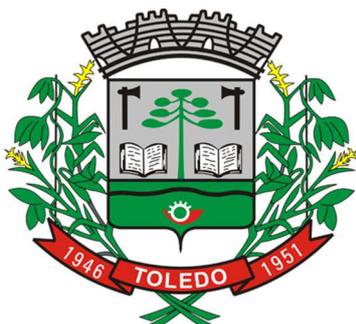


### **PRODUTO 2** - PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA

TOMO I – Apresentação e Memorial Técnico do Projeto.



HABITAT ECOLÓGICO LTDA  
*Consultores Associado*



**PREFEITURA MUNICIPAL DE TOLEDO (PR)**  
**Secretaria Municipal do Meio Ambiente**

Rua Raimundo Leonardi, n.º 1586  
CEP.: 85900-110 – Toledo (PR)  
Tel.: (45) 3055-8800  
Website: [www.toledo.pr.gov.br](http://www.toledo.pr.gov.br)

**LUCIO DE MARCHI**  
Prefeito Municipal

**JOÃO BATISTA COELHO DE SOUZA FURLAN**  
Vice-Prefeito

**EQUIPE DE ACOMPANHAMENTO SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE**

**NEUDI MOSCONI**  
Secretário do Meio Ambiente

**FLÁVIO AUGUSTO SCHERER**  
Secretaria do Meio Ambiente - Fiscal do Contrato  
Engenheiro Civil, M. Eng. – CREA-PR: 34.386/D

**EQUIPE TÉCNICA CONTRATADA**

**NICOLAU LEOPOLDO OBLADEN**  
Coordenador do projeto  
Engenheiro Civil e Sanitarista  
CREA-PR: 1.498/D

**CARLOS EDSON WALTRICK**  
Engenheiro Sanitarista  
CREA-SC: 5.523/D

**PENO ARI JUCHEN**  
Economista  
CORECON nº:789

**LUIZ GUILHERME GREIN VIEIRA**  
Engenheiro Ambiental  
CREA-PR: 101.886/D

**MIGUEL MANSUR AISSE**  
Engenheiro Civil  
CREA-PR: 6.029/D

**ALESSANDRO CARRANO CORDOVA**  
Geólogo  
CREA-PR: 52.698/D



SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

**MARIANA SCHAEGLER**

Engenheira Ambiental  
CREA-PR: 101.850/D

**VILMAIR WIRMOND**

Engenheiro Eletricista  
CREA-PR: 83.856/D

**MARLLON B. LOBATO**

Engenheiro Civil  
CREA-PR: 54.698/D

**GABRIEL T. RODRIGUES**

Estagiário de  
Engenharia Ambiental

**KELLY RONSANI DE BARROS**

Engenheira de Alimentos  
CREA-PR: 90.040/D

**LUÍS FERNANDO CARVALHO**

Engenheiro Civil  
CREA-PR: 145.478/D

**BRUNO GARCIA MORO**

Engenheiro Ambiental  
CREA-PR: 153.831





## **SUMÁRIO EXECUTIVO DO PROJETO**

O desenvolvimento normal de projetos de engenharia civil conta com quatro etapas distintas, as quais se complementam constituindo-se ao final, no documento básico para que as obras ali concebidas possam ser executadas. Essas etapas de projeto se apresentam conforme segue:

- Concepção do Projeto, cálculos e justificativas concepcionais;
- Pranchas/Desenhos – detalhamento gráfico da concepção do projeto com a obtenção dos quantitativos de matérias, serviços e equipamentos;
- Orçamento das obras projetadas e execução de serviços propostos, e,
- Manuais e Procedimentos Operacionais do Projeto – Empreendimento.

Isto posto, apresenta-se a seguir o Projeto Executivo de Engenharia do novo Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (Resíduos Classe II) do Município de Toledo-PR, detalhado em 10 (dez) tomos, constituiu-se em elemento complementar à gestão integrada de resíduos sólidos urbanos desenvolvida pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, em atendimento ao disposto nas Leis Federais nº 11.445/2007 e nº 12.305/2010 e seus Decretos Regulamentadores, bem como às Normas, Resoluções e Regulamentos vigentes sobre o tema. O Projeto ora apresentado foi concebido e detalhado para sua implantação em área de propriedade municipal referenciada na sequência, apoiada em levantamento planialtimétrico específico, sondagens geológicas e estudos geotécnicos necessários para o lançamento do mesmo.

O EIA/RIMA contratado anteriormente pelo município e a Licença Ambiental Prévia emitida pelo IAP consolidam os elementos de apoio ao Projeto. O referido Projeto Executivo de Engenharia atende ainda, aos estudos de crescimento populacional desenvolvidos bem como os estudos de caracterização de resíduos a serem aterrados.

O novo Aterro Sanitário conta com áreas de Mata Ciliar e Preservação Permanente contíguas ao Rio São Francisco e Sanga Cachorro Perdido, área de aterramento de resíduos em células divididas em 08 (oito) etapas de implantação. As células foram dotadas de geomembranas para impermeabilização do solo, drenos para coleta de chorume, chaminés para drenagem do biogás produzido, em cobertura final com solo e plantio de grama. O chorume produzido será tratado em ETE compacta sendo o efluente tratado re-circulado ao aterro. O biogás, após tratamento, acionará moto geradores de energia elétrica. Um programa de monitoramento de estabilidade do maciço a ser construído pelo aterramento dos resíduos sólidos foi desenvolvido. A drenagem das águas pluviais superficiais com tanque de amortecimento e demais complementos foram projetados no entorno do empreendimento. Os acessos externo e interno foram devidamente projetados, bem como galpão para abrigo de máquinas e veículos. Também foram indicadas áreas verdes (cercas vivas) nas divisas do lote. Os projetos de alimentação e distribuição de energia elétrica, bem como o estrutural foram elaborados em complementação ao projeto básico de engenharia.

A missão do projeto está pautada na missão, visão e objetivos do Município de Toledo em busca da universalização dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos gerados pela população residente em Toledo nos próximos 20 (vinte) anos. O novo Aterro Sanitário projetado apresenta-se no final, como um maciço único, onde as 08 (oito) etapas através de suas





interfaces, não estarão conectados a outros empreendimentos até o momento implantados na área.

De acordo com os objetivos propostos em Normas, Resoluções, Regulamentos e o Termo de Referência norteador das ações e objetivos propostos anexos ao Edital de Licitação será a de dotar o Município de Toledo com um Aterro Sanitário projetado para um tempo de vida útil mínimo de 27 anos, proporcionando ao Município a implantação de um empreendimento que atenda as Licenças Ambientais do órgão de acompanhamento e de fiscalização das operações projetadas.

O Projeto Executivo de Engenharia elaborado pela equipe técnica apresentada junto ao Plano de Trabalho, atendeu as diretrizes e as restrições impostas pela área, pelas características geológicas e geotécnicas do solo local, pelas condições específicas da bacia hidrográfica do Rio São Francisco e seus afluentes.

Acredita-se que não estão evidentes dificuldades e riscos relevantes que possam se interpor ao sucesso do projeto, destacando-se a dedicada fiscalização e acompanhamento do projeto pelo Engenheiro Civil Fiscal do Projeto, designado pela SMMA de Toledo.

O trabalho de implementação do projeto deverá atender a execução das etapas propostas tendo em conta o detalhamento do projeto, em 106 pranchas, acrescidas de memorial técnico descritivo, justificativa e manuais operacionais. O projeto está descrito em detalhes e em desenhos, de forma impressa e encadernada em 10 (dez) Tomos e gravado de forma digital em CD/DVD.

Os recursos necessários para o desenvolvimento do projeto apresentam-se conforme segue:

- Elaboração do Projeto, contrato nº 528/2017: R\$ 157.033,00.
- Investimentos totais necessários: R\$ 32.908.657,35 (com BDI).
- Resultados Financeiros: A implantação de um Aterro Sanitário não apresenta resultados financeiros diretamente, porém os ganhos ambientais, difíceis de serem avaliados estão presentes ao longo do seu tempo de vida útil e do tempo de fechamento (lacre) do mesmo ao final da operação.

O Município de Toledo tem demonstrado ao longo dos anos, através de seus dirigentes, que a gestão ambiental responsável e eficiente do seu território municipal, caminha em busca da governança municipal sustentável voltada aos resíduos sólidos urbanos, entre outros. Exemplos como o programa Lixo Útil desenvolvido em conjunto com a Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Instituto de Saneamento Ambiental; Pontos de Coleta de Resíduos Recicláveis; Câmbio Verde; Apoio à Associação e à Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis; implantação do sistema de coleta containerizada; fechamento de dois lixões e implantação de Aterro Sanitário com Tratamento de Chorume e Coleta de Biogás para produção de Energia Elétrica; elaboração e aprovação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Coleta e Manejo de Resíduos Recicláveis, Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos, e agora, conclui o Projeto Executivo de Engenharia do Novo Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (Classe II) do Município, com Tratamento do Chorume e aproveitamento do Biogás (metano) para produção de Energia Elétrica. Novos programas encontram-se a caminho em busca do manejo sustentável dos resíduos sólidos urbanos gerados pela população, no desenvolvimento de suas atividades, no município de Toledo-PR.





## SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO DO PROJETO .....	3
SUMÁRIO .....	5
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELAS .....	10
LISTA DE QUADROS.....	13
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	14
1. APRESENTAÇÃO .....	17
1.1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS.....	17
1.2 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO .....	18
1.2.1 Formação Econômica e Social do Município.....	21
1.2.2 Aspectos Econômicos do Município .....	23
1.2.3 Localização Geográfica do Município .....	25
1.3 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO .....	26
1.4 HIDROGRAFIA.....	29
1.4.1 Hidrogeologia.....	30
1.5 VEGETAÇÃO .....	31
1.6 INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS A SEREM DISPOSTOS NO ATERRO SANITÁRIO.....	33
1.6.1 Características Físicas.....	34
1.6.2 Características Químicas .....	36
1.6.3 Características Biológicas.....	37
1.6.4 Estudo Populacional.....	39
1.6.5 Geração de Resíduos Sólidos a serem destinados ao Novo Aterro Sanitário .....	43
1.7 CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DO LOCAL DE ESTUDO .....	45
1.8 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA .....	48
1.9 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA .....	49
1.10 CARACTERIZAÇÃO E USO DA ÁGUA E SOLOS .....	52
2. MEMORIAL TÉCNICO DO PROJETO .....	58
2.1 CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO .....	58
2.2 DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DE PROJETO.....	60
2.2.1 Sistema de Drenagem Superficial .....	60
2.2.2 Sistema de Drenagem e Remoção do Percolado .....	64
2.2.3 Sistema de Tratamento do Percolado (Chorume) .....	65
2.2.4 Impermeabilização Inferior e Superior .....	66
2.2.4.1 Impermeabilização do Solo .....	66
2.2.4.2 Impermeabilização da base do aterro.....	66
2.2.5 Impermeabilização Superior .....	71
2.2.6 Sistema de Drenagem de Gases.....	71
2.2.7 Poços de Monitoramento .....	72
2.3 OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO .....	74
2.3.1 Acessos e Isolamento da Área do Aterro Sanitário.....	74
2.3.2 Preparo do Local de Disposição .....	75
2.3.3 Transporte e Disposição Final dos Resíduos Sólidos.....	75
2.3.4 Empréstimo de Material para a Cobertura .....	78
2.3.5 Controle Tecnológico .....	79
2.3.5.1 Recursos Naturais (Águas Superficiais e Subterrâneas) .....	79
2.3.5.2 Controle de Estabilidade do Aterro Sanitário.....	82
2.3.6 Encerramento do Aterro e Cuidados Posteriores .....	85
2.3.7 Uso Futuro da Área do Aterro Sanitário .....	87





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

2.3.8	Definição de Ações para Contingências e Emergências .....	92
2.3.8.1	Introdução .....	92
2.3.8.2	Identificação de Cenários e sua Origem .....	93
2.3.8.3	Identificação de Ações para Análise de Cenários .....	94
2.3.8.4	Quadro Resumo de Emergências e Contingências .....	95
2.3.9	Manual de Operação do Aterro Sanitário .....	95
2.4	MEMORIAL TÉCNICO – CÁLCULO DOS ELEMENTOS DO PROJETO .....	95
2.4.1	Vida Útil do Aterro Sanitário .....	96
2.4.1.1	Capacidade Volumétrica do Aterro Sanitário .....	96
2.4.1.2	Estimativa da Vida Útil .....	97
2.4.2	Sistema de Drenagem Superficial .....	98
2.4.2.1	Tempo de concentração .....	98
2.4.2.2	Intensidade máxima da chuva .....	98
2.4.3	Dimensionamento das Estruturas .....	99
2.4.4	Sistema de Drenagem e Remoção de Percolado .....	108
2.4.5	Sistema de Drenagem de Gases .....	111
2.4.5.1	Aproveitamento Energético do Biogás .....	112
2.4.6	Sistema de Tratamento do Percolado (Chorume) .....	129
2.4.7	Projeto Estrutural em Concreto Armado .....	148
2.4.7.1	Justificativa .....	148
2.4.7.2	Objetivo .....	148
2.4.7.3	Relatório .....	148
2.4.7.4	Carga nas Estruturas .....	149
2.4.7.5	Formas .....	150
2.4.7.6	Averiguamento Genérico .....	150
2.4.7.7	Cura do Concreto .....	150
2.4.7.8	Juntas de Concretagem .....	150
2.4.7.9	Desforma .....	150
2.4.7.10	Ensaio dos Materiais .....	150
2.4.7.11	Recomendações .....	151
2.4.8	Projeto Elétrico e de Automação .....	151
2.4.8.1	Apresentação .....	151
2.4.8.2	Sistema Proposto .....	152
2.4.8.3	Sistema Biogás .....	154
2.4.8.4	Painel QDLF01 .....	154
2.4.8.5	Grupo Gerador Diesel .....	155
2.4.8.6	Sala de Quadros QDLF01 .....	155
2.4.8.7	Cálculo de Demanda .....	155
2.4.8.8	Sistema de Aterramento e S.P.D.A. .....	155
2.4.8.9	S.P.D.A. .....	156
2.4.8.10	Correção do Fator de Potência .....	157
2.4.8.11	Iluminação e Tomadas .....	157
2.4.8.12	Comando de Bombas .....	158
2.4.8.13	Instrumentação .....	158
2.4.8.14	Quadro de Cargas .....	159
2.4.8.15	Lista de Materiais .....	159
2.4.9	Cálculo de Estabilidade do Maciço .....	174
2.4.10	Barracão de Apoio .....	175
2.4.10.1	Localização do Barracão de Apoio .....	176
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		178
ANEXOS .....		188
ANEXO A – LICENÇA PRÉVIA .....		188
ANEXO B – LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO .....		189
ANEXO C – ESTUDO POPULACIONAL .....		190





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

ANEXO D – ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS.....	191
ANEXO E – CÁLCULO DE ESTABILIDADE PERCOLADOS (CHORUME).....	192
ANEXO F – PARECER GEOTÉCNICO - SONDAgens.....	193
ANEXO G – CÁLCULO DE ESTABILIDADE DO MACIÇO.....	194
ANEXO H – CONTROLE TECNOLÓGICO - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS - CONTROLE GEOTÉCNICO.....	195
ANEXO I – AÇÕES EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS.....	196
ANEXO J – SISTEMA DE ACUMULAÇÃO E FILTRAGEM DE BIOGÁS.....	197
ANEXO K – ANÁLISE TÉCNICA PARA USO DE MOTO GERADORES EM ATERRO SANITÁRIO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ....	198
ANEXO L – ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS.....	199
ANEXO M – CATÁLOGO GERADOR DIESEL.....	200
ANEXO N – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART).....	201
ANEXO O – PRANCHAS (001-106).....	202
ANEXO P – MANUAL DE OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.....	203
ANEXO Q – ESTIMATIVAS DE CUSTO E CRONOGRAMA.....	204



**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Três casas de madeira, construídas pela empresa Maripá junto ao arroio Toledo, marcaram o início da colonização. A imagem data de 1946. ....	21
Figura 2 – Caminhão Dodge carregado com tora de madeira de 14,8 m <sup>3</sup> defronte do Café Imperial, em 1951. ....	22
Figura 3 – Fotos do Lago Municipal e Teatro Municipal de Toledo.....	23
Figura 4 – Fotos Prefeitura Municipal, Fórum e Câmara Municipal de Toledo/PR.....	23
Figura 5 – Macrolocalização (sem escala).....	26
Figura 6 – Localização do novo aterro sanitário em relação a sede do Município de Toledo (sem escala). ....	27
Figura 7 – Localização da área do novo Aterro Sanitário (sem escala). ....	28
Figura 8 – Hidrografia do Município de Toledo (sem escala). ....	29
Figura 9 – Principais aquíferos do estado do Paraná.....	30
Figura 10 – Formações Fitogeográficas do Município de Toledo.....	31
Figura 11 – Classificação da Cobertura Vegetal Original. ....	32
Figura 12 – Cobertura Vegetal Nativa do Estado do Paraná. ....	33
Figura 13 – Média ponderada da composição dos resíduos. ....	35
Figura 14 – Gráfico dos Resultados das Projeções Populacionais do município de Toledo-PR. ..	40
Figura 15 – Geração de Resíduos no Município de Toledo em 2018 (população urbana e rural). ....	43
Figura 16 – Situação para redução da geração de resíduos em 20 anos de acordo com PLANARES (2012). ....	44
Figura 17 – Situação para redução da geração de resíduos a partir de 2038 até 2060. ....	44
Figura 18 – Imagem aérea da área do novo Aterro Sanitário obtida via Drone adaptado. ....	45
Figura 19 – Curvas de nível da área do novo Aterro Sanitário (sem escala). ....	46
Figura 20 – Áreas de Influência (sem escala).....	47
Figura 21 – Dias de chuva. ....	50
Figura 22 – Precipitação Mensal.....	50
Figura 23 – Mapa da Direção Predominante do Vento no Estado do Paraná.....	51
Figura 24 – Mapa de Solos do Estado do Paraná.....	55
Figura 25 – Uso e Ocupação do solo do entorno da área do novo aterro sanitário municipal....	57
Figura 26 – Propriedades hidráulicas de estruturas lenticulares e elípticas .....	63
Figura 27 – Valores do coeficiente de Manning .....	64
Figura 28 – Sistema de dobradura da Geomembrana para posterior fundição com nova Geomembrana. ....	68
Figura 29 – Produção de biogás (Nm <sup>3</sup> /t) ao longo do tempo (anos) num Aterro Controlado, considerando perdas.....	114
Figura 30 – Desenho do soprador CRE-5AV.....	118
Figura 31 – Curva do soprador CRE-5AV.....	119





Figura 32 – Filtro de cascalho.....	120
Figura 33 – Gráfico da perda de carga do Corta-chamas. ....	121
Figura 34 – Dimensão da válvula Corta-chamas.....	122
Figura 35 – Esquema de Aproveitamento do Biogás em ETE's. ....	126
Figura 36 – Especificação do Difusor de Bolha Fina AFD 350 – A.....	132
Figura 37 – Especificação do Difusor de Bolha Fina SSI com 12 polegadas – B.....	133
Figura 38 – Soprador de Ar: Robox 2 BS 46 – Especificação.....	134
Figura 39 – Soprador de Ar: Robox 2 BS 46 – Detalhes da Especificação.....	135
Figura 40 – Soprador de Ar: Robox 2 BS 46 – Dimensões.....	136
Figura 41 – Bacia de Infiltração do Chorume recirculado.....	139
Figura 42 – Especificação das Bombas de recalque do chorume: (a) Aterro; .....	141
Figura 43 – Especificação das Bombas de recalque do chorume: (b) Recirculação (continuação). .....	142
Figura 44 – Especificação das Bombas de recalque do chorume: (c) Percolado (continuação). 143	
Figura 45 – Bomba de Recalque de lodo Nemo BY: Especificação .....	146
Figura 46 – Bomba de Recalque de lodo Nemo BY: Dados Técnicos e Dimensões para Montagem .....	147
Figura 47 – Luminária LED para área externa - ETE Aterro Sanitário .....	157
Figura 48 – Detalhe Telha Trapezoidal AT 25/1020.....	175
Figura 49 – Detalhe Cumeeira.....	176
Figura 50 – Detalhes Parafusos.....	176
Figura 51 – Localização do barracão de apoio.....	177





**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Estabelecimentos agropecuários e área segundo as atividades econômicas (2006).	24
Tabela 2 – Área colhida, produção, rendimento médio e valor da produção agrícola pelo tipo de cultura temporária (2015).....	24
Tabela 3 – Efetivo de Pecuária e Aves (2015).....	24
Tabela 4 – Efetivo de trabalhadores e frota utilizada nos serviços de coleta de orgânicos (fração úmida). ....	33
Tabela 5 – Frota operante no Município de Toledo – Caminhões Compactadores. ....	34
Tabela 6 – Quantificação de resíduos dispostos no Aterro Sanitário em 2016.....	34
Tabela 7 – Determinação da produção per capita de resíduos sólidos em Toledo/PR (ano de referência: 2016).....	34
Tabela 8 – Média ponderada da composição dos resíduos destinados ao Aterro Sanitário. ....	35
Tabela 9 – Comparativo dos estudos de caracterização de resíduos.....	35
Tabela 10 – Cálculo da massa específica de resíduos (kg/m³) – média ponderada. ....	36
Tabela 11 – Classificação dos resíduos a serem dispostos no Aterro Sanitário. ....	37
Tabela 12 – Censos Demográficos para os anos de 1991, 2000 e 2010.....	39
Tabela 13 – População Urbana Adotada para o município de Toledo-PR.....	41
Tabela 14 – População Total Adotada para o município de Toledo-PR.....	42
Tabela 15 – Síntese da Geração de Resíduos – 2018/2037 (população urbana e rural).....	43
Tabela 16 – Síntese da Geração de Resíduos – 2038/2060 (população urbana e rural).....	43
Tabela 17 – Potencial hidrogeológico e vazões subterrâneas disponíveis para captação em cada uma das Sub-Bacias de gestão propostas para o Município de Toledo. ....	53
Tabela 18 – Populações rurais e urbanas nas Sub-Bacias de gestão.....	54
Tabela 19 – Especificações das Geomembranas. ....	69
Tabela 20 – Especificações do Geotêxtil.....	70
Tabela 21 – Monitoramento dos recurso hídricos.....	81
Tabela 22 – Cronograma do plano de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas... ..	82
Tabela 23 – Adubos e corretivos a serem empregados.....	85
Tabela 24 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 01 .....	89
Tabela 25 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 02 .....	89
Tabela 26 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 03 .....	90
Tabela 27 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 04 .....	90
Tabela 28 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 05 .....	91
Tabela 29 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 06 .....	91
Tabela 30 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Todas as bases.....	92
Tabela 31 – Ordem x Descrição dos cenários. ....	93
Tabela 32 – Cenários x Ordem .....	93
Tabela 33 – Ações de Contingência para o aterro sanitário.....	94





Tabela 34 – Ações de emergência para o aterro sanitário.....	95
Tabela 35 – Responsáveis pelas ações.....	95
Tabela 36 – Resumo dos volumes estimados para o Aterro Sanitário.....	96
Tabela 37 – Geração total de resíduos e material de cobertura para disposição no aterro sanitário.....	97
Tabela 38 – Dimensionamento das tubulações do sistema pluvial.....	100
Tabela 39 – Dimensionamento das tubulações do sistema pluvial na área da ETE e Biogás.....	101
Tabela 40 – Cálculo de contribuição do sistema pluvial.....	102
Tabela 41 – Cálculo de contribuição do sistema pluvial.....	103
Tabela 42 – Sistema de Drenagem Pluvial após a lagoa de retenção.....	105
Tabela 43 – Dimensionamento das valetas de proteção.....	107
Tabela 44 – Condutividade hidráulica.....	109
Tabela 45 – Vazão de líquidos percolados por base de contribuição.....	109
Tabela 46 – Dimensionamento do colchão drenante.....	110
Tabela 47 – Dimensionamento sistema de coleta e transporte de líquidos percolados.....	111
Tabela 48 – Atendimento aos Itens do Aproveitamento Energético do Biogás como estabelecido no TR.....	112
Tabela 49 – Composição média do gás no resíduo sólido.....	113
Tabela 50 – Produção de biogás (Nm <sup>3</sup> /t) ao longo do tempo (anos) num Aterro Controlado, com perdas.....	113
Tabela 51 – Cenário Normativo 2018-2060 (população urbana e rural).....	115
Tabela 52 – Produção de Biogás dos Resíduos Destinados ao Aterro 2018-2060 (população urbana e rural).....	116
Tabela 53 – Especificação do soprador CRE-5AV.....	119
Tabela 54 – Dimensão da válvula Corta-chamas.....	124
Tabela 55 – Conexões: Diâmetros e Comprimento equivalente do sistema.....	124
Tabela 56 – Perda de carga do sistema.....	125
Tabela 57 – Velocidade do gás na tubulação.....	125
Tabela 58 – Consumo de Energia previsto no Aterro.....	127
Tabela 59 – Aterro de Toledo: Resumo da Produção, Tratamento e Uso do Biogás.....	128
Tabela 60 – Parâmetros para a determinação da DBO do efluente.....	130
Tabela 61 – Parâmetros para o cálculo do volume do reator (TA).....	130
Tabela 62 – Parâmetros de aplicação e idade do lodo.....	130
Tabela 63 – Parâmetros para o cálculo da quantidade de lodo a ser descartado.....	131
Tabela 64 – Parâmetros para o cálculo da quantidade de lodo a ser recirculada.....	131
Tabela 65 – Parâmetros para o cálculo da vazão de oxigênio a ser requerida por dia.....	131
Tabela 66 – Parâmetros da aeração por ar difuso.....	131
Tabela 67 – Parâmetros Decantador Secundário.....	137
Tabela 68 – Parâmetros do adensador por gravidade.....	137





Tabela 69 – Parâmetros do desaguamento de lodo no Leito de Secagem. ....	138
Tabela 70 – Aterro Sanitário de Toledo: Resumo dos Conjuntos Motor Bomba para Recalque do Chorume (1). ....	144
Tabela 71 – Bomba de Recalque de lodo Nemo 021 BY: Dados Técnicos e Principais Dimensões. ....	145
Tabela 72 – Lista de Materiais QA01. ....	160
Tabela 73 – Lista de Materiais QDLF01.....	161
Tabela 74 – Lista de Materiais da Entrada de Energia.....	164
Tabela 75 – Lista de materiais Abrigo dos Quadros.....	166
Tabela 76 – Lista de Materiais Iluminação Externa .....	167
Tabela 77 – Lista de Materiais Malha de Aterramento/S.P.D.A.....	168
Tabela 78 – Lista de Materiais da ETE.....	169
Tabela 79 – Lista de Materiais da Elevatória 03 .....	170
Tabela 80 – Lista de Materiais da Elevatória 04 .....	170
Tabela 81 – Lista de Materiais da Elevatória 01 .....	171
Tabela 82 – Lista de Materiais da Elevatória 02 .....	172
Tabela 83 – Lista de Materiais de Infraestrutura para Alimentação dos Equipamentos de Biogás .....	172
Tabela 84 – Lista de Materiais da Elevatória 03A.....	173





**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Quadro de Cargas QDLF01..... 159



**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AGUASPARANÁ – Instituto das Águas do Paraná  
AISI – *American Iron and Steel Institute*  
ANA – Agência Nacional de Águas  
ANP – Agência Nacional do Petróleo  
ANSI – American National Standards Institute  
ART – Anotação de Responsabilidade Técnica  
BEP – Barramento de Equipotencialização Principal  
CLP – Controlador Lógico Programável  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
COOPERTOL – Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Toledo  
COPEL – Companhia Paranaense de Eletricidade  
CREA-PR – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DER – Departamento de estradas de rodagem do estado do Paraná  
DN – Diâmetro Nominal  
EEE – Estação Elevatória de Esgoto  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
ETE – Estação de Tratamento de Efluentes  
F/M – Relação Alimento Microrganismo  
FE – Sensor primário Medidor de Vazão  
FT – Transmissor de vazão  
Hm: altura manométrica  
IAP – Instituto Ambiental do Paraná  
IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná  
IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística  
IEC – International Electrotechnical Commission  
IEEE – Institute of Electrical and Eletronic Engineers  
IHM – Interfaces Homem - Máquina  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia





IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social  
IRAP – Institute of Electrical and Eletronic Engineers  
ISA – The International Society of Automation  
ISO – International Standarization Organization  
LE – Sensor de Nível  
LS – Eletrodos de Nível  
LT – Transmissor Sensor de Nível  
MLSS – Sólidos Suspensos no Tanque de Aeração  
MLVSS – Sólidos Suspensos Voláteis no Tanque de Aeração  
MTE – Ministério do Trabalho e Emprego  
NEMA – *National Electrical Manufacturers Association*  
NR – Norma Regulamentadora  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
PEC – Plano de Emergência e Contingência  
PLANARES – Plano Nacional de Resíduos Sólidos  
PLERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos  
PMGIRS – Plano municipal de gerenciamento integrado de resíduos sólidos  
PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico  
PMT – Prefeitura Municipal de Toledo  
Q – Vazão  
QA – Quadro de Automação  
QDL – Quadro de Distribuição de Iluminação  
QDLF – Quadro de Distribuição de Luz e Força  
Qr – Vazão de Recirculação  
S.P.D.A. – Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas  
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná  
SAMA – *Scientific Apparatus Makers Association*  
SASG – Sistema Aquífero Serra Geral  
SC – Inversor de Frequência (Projeto Elétrico)  
SENGE/PR – Sindicato dos engenheiros do estado do Paraná  
SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil  
SMMA – Secretaria de Meio Ambiente  
SPT – *Standard Penetration Test*





SS – *Soft-starter*

SST – Sólidos Suspensos Totais

SSV – Sólidos Suspensos Voláteis

SUREHMA – Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente

U/L – *Underwriter's Laboratories*

Yobs – Coeficiente de Produção de Lodo Observado

$\gamma$  – Peso específico da água;

$\eta$  – Rendimento global do conjunto elevatório.

$\Theta_c$  – Idade do Lodo (ou Tempo de Retenção Celular)





## 1. APRESENTAÇÃO

O Projeto Executivo de Engenharia do novo Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (Resíduos Classe II) do Município de Toledo-PR, ora apresentado, refere-se ao Contrato N.º 0528/2017, oriundo do Processo de Concorrência N.º 003/2017, firmado em 25/07/2017, mediante Ordem de Início de Serviço de 07/08/2017, tendo sido aditivado em 30 (trinta) dias, em 20/10/2017.

Os trabalhos detalhados no Termo de Referência, referem-se aos seguintes produtos:

- Produto 1 – Plano de Trabalho, entregue e aprovado.
- Produto 2 – Projeto Executivo de Engenharia, para análise e aprovação composto de 09 (nove) Tomos.

Observação: O Produto 2 foi elaborado em área licenciada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), tendo como Licença Prévia N.º 42.163/IAP, de 31/08/2017, com validade até 28/02/2018, apresentada no **Anexo A** – Licença Prévia, Tomo II.

### 1.1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS

#### Empreendedor

RAZÃO SOCIAL: Município de Toledo

NOME FANTASIA: Aterro Sanitário Municipal de Toledo - PR

CNPJ: 76.205.806/0001-88

ENDEREÇO: Rodovia PR 317, Toledo - Ouro Verde do Oeste, Km 10 – CEP 85.900-110

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Engenheiro Civil, MSc. Flávio Augusto Scherer – CREA-PR: 34.386/D

TELEFONE: (45) 3055-8800

E-MAIL: meioambiente@toledo.pr.gov.br

#### Equipe técnica de acompanhamento

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

ENDEREÇO: Rua Piratini, 2228

TELEFONE: (45) 3378-8355

EMAIL: meioambiente@toledo.pr.gov.br

NEUDI MOSCONI - Secretário do Meio Ambiente

FLÁVIO AUGUSTO SCHERER - Fiscal do Contrato





Empresa responsável pela elaboração do projeto

RAZÃO SOCIAL: Habitat Ecológico Ltda.ME

NOME FANTASIA: Habitat Ecológico

CNPJ: 04.914.912/0001-20 CREA-PR: 40710

ENDEREÇO: Rua Fernando Simas, 705 – Sala 143 – Bairro Bigorrihlo

CIDADE: Curitiba/PR CEP: 80.430-190

TELEFONE: (41) 3339-7546 / (41) 99111-3021

E-MAIL: habitat.ecco@gmail.com

No **Anexo N** – ART, do Tomo II, apresentam-se as Anotações de Responsabilidade Técnica (ART's) perante o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR) da empresa Habitat Ecológico Ltda e dos responsáveis técnicos envolvidos no projeto.

## 1.2 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO

Conforme Plano Diretor Participativo de Toledo (2015), o município e grande parte do Oeste do Paraná formam região de colonização recente. Sua ocupação definitiva iniciou na década de 1940 e se intensificou em 1950, e em 1960, já havia cinco municípios na região: Toledo, Foz do Iguaçu, Cascavel, Guaíra e Guaraniaçu.

A história do território de Toledo, no entanto, tem registros de mais de cinco séculos, desde o tempo em que Portugal e Espanha transformaram a América Latina em palco de rivalidades coloniais.

Os conflitos atingiram entre outras regiões, o Oeste do Paraná. O atual município de Toledo e áreas próximas estavam no mapa desde a dominação espanhola, com confrontos com os portugueses, no início da chamada Era Colonial.

A partir do século XVII começou a ser registrada a presença de missionários jesuítas e colonizadores espanhóis. Os séculos XIX e XX foram períodos de concessões ou obrages, a empresários estrangeiros, para a exploração de recursos naturais da região. Ao tempo da colonização da Bacia do Rio da Prata, o Oeste do Paraná integrava a Província Del Guairá, de administração espanhola. A província foi criada após a assinatura do Tratado de Tordesilhas, em sete de julho de 1494, permitindo aos espanhóis a fundação do Vice-Reinado da Prata, que abrangia os atuais territórios do Uruguai e do Paraguai e de parte da Argentina, Peru, e Bolívia, com capital em Assunção.

Na área oriental do Rio Paraná foi criada a Província de Vera e nela estabeleceu-se a Província Jesuítica Del Guairá, com estrutura de redução jesuítica. Em 1554, o governador da Prata, Martinez Irala, para confirmar a propriedade e posse da província, mandou seu preposto Francisco Garcia Vergara, fundar na margem oriental do Rio Paraná, junto à foz do Rio São Francisco, o povoado de Ontiveros.





Três anos mais tarde, a povoação foi transferida para as proximidades da foz do Rio Piquiri, passando a chamar-se Ciudad Real del Guairá. Ontiveros foi, portanto, a primeira povoação do atual território do Paraná, antes mesmo da ocupação portuguesa do litoral do Estado.

Como a história registra, em 1905, cidadãos ingleses constituíram em Buenos Aires empresa denominada Companhia de Maderas del Alto Paraná e com concessão do governo brasileiro para exploração de vasta área de terras no Oeste do Paraná, a qual denominaram de Fazenda Britânia. A sede da empresa foi construída exatamente sobre as ruínas da outrora Ontiveros, agora chamada de localidade de Porto Britânia.

Na região ocupada inicialmente pelos espanhóis havia trecho do histórico caminho indígena do Peabiru que ligava por terra os Oceanos Atlântico e Pacífico. O caminho tinha trajeto principal na direção Leste-Oeste, com travessia sobre o Rio Paraná na região de Guayra, em ponto acima das Sete Quedas, hoje submersas pelo lago da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. Antes percorrido apenas por indígenas, após a ocupação pelos colonizadores europeus, o caminho passou a ser movimentado, ligando comunidades recém fundadas.

A partir de 1610, os padres jesuítas criaram as reduções, onde reuniam grupos de índios Guarani em pequenas aldeias, para evangelizá-los e ensinar-lhes trabalhos artesanais em couro, madeira, lã, algodão e outros materiais.

A Redução de Guayrá constituiu-se em espaço onde a experiência missionária dos jesuítas com os indígenas Guarani foi desenvolvida mesmo sendo região de influência de dois impérios coloniais.

Era área de passagem e ligação dos núcleos coloniais de Assunção, no Paraguai, e São Vicente, hoje Estado de São Paulo, facilitando a relação entre os índios Guarani, do interior do continente, e os da tribo Carijó, do litoral brasileiro.

A abundância da mão-de-obra submissa atraiu a cobiça de bandeirantes portugueses, que passaram a percorrer as matas dos hoje Estados de São Paulo e Paraná, geralmente pelo Caminho do Peabiru, para capturar índios catequizados pelos jesuítas. Os indígenas eram apreendidos e depois vendidos aos engenhos de açúcar da região litorânea de São Vicente, em São Paulo.

Com o seu habitat natural invadido pela colonização e missão religiosa espanhola e incursões de bandeirantes para captura de mão-de-obra escrava, disciplinada e qualificada, os indígenas que ainda conseguiam fugir desses domínios, voltavam a viver em matas isoladas na região.

Outros fugiam para o Sul, sendo acolhidos nas reduções dos Sete Povos das Missões, no hoje Estado do Rio Grande do Sul. Assim teve fim a experiência missionária dos jesuítas com os índios Guarani, destruída em ataques espanhóis e portugueses deflagrados em apenas quatro anos, entre 1629 a 1632.

Mais de dois séculos depois, a Guerra do Paraguai acelerou a definição das fronteiras do Oeste do Paraná. Em 1881, o governo brasileiro fundou a Vila Iguaçu, nas margens dos Rios Paraná e Iguaçu, hoje cidade de Foz do Iguaçu.

Nessa época, o atual Oeste do Paraná sofria o extrativismo predatório, exercido por empresários estrangeiros. Em consequência, por volta de 1889, foi criada a Colônia Militar de Foz do Iguaçu com o propósito de controle e integração política do Oeste do Paraná ao território brasileiro.





Apesar da medida, foi apenas no fim do século XIX, com a delimitação do território nacional após o conflito com o Paraguai, que o Oeste do Paraná conquistou efetivamente a condição de região brasileira, autônoma com relação à atividade econômica de exploração de seus recursos naturais.

Os mercados de erva-mate e de madeira em plena expansão na Bacia da Prata exigiam cuidados crescentes para a garantia de transporte e abastecimento regular.

A demanda cada vez maior desses produtos e a sua disponibilidade nas florestas do Oeste do Paraná atraíam a atenção e o interesse de empresários argentinos e europeus.

A erva-mate, da família das aquifoliáceas, cujo nome científico é “*ilex paraguariensis*”, por exemplo, nascia e crescia silvestre em toda a Região Sul do País, como Sul do então Estado do Mato Grosso, Paraná, Oeste de Santa Catarina e Norte do Rio Grande do Sul, além do Paraguai.

A dificuldade maior estava no transporte do produto, pois a única via de ligação entre exportadores e compradores era a fluvial, mas os negócios enfrentavam o direito de navegação pelo Rio Paraná concedido à Argentina, em troca da livre navegação brasileira na Bacia da Prata, mediante acordos assinados pelos países interessados, no início da década de 1850.

Ainda no século XIX, sob o comando do major Antônio Maria Coelho, a Comissão Demarcadora dos Limites, que atuou entre 1871 e 1874, que trabalhava no Sul do Estado do Mato Grosso, passou a contar com Thomas Laranjeiras, como fornecedor de gêneros alimentícios. Ele era cidadão brasileiro e conhecedor da região, pois já havia extraído erva-mate no Paraguai.

Usando as boas relações e influências assim conquistadas, conseguiu pelo Decreto Imperial nº8.799, de nove de dezembro de 1882, licença para, durante 10 anos, explorar a região de fronteira do Mato Grosso com o Paraguai, com a extração e exportação de erva-mate. Mais tarde fundou a Companhia Mate Laranjeiras S/A, que operou entre 1909 e 1965, estabelecendo-se nas margens do lado brasileiro do Rio Paraná, abaixo das Sete Quedas.

A região, situada entre o Rio Piquiri, em Guaíra, e o Rio Iguaçu, em Foz do Iguaçu, foi a mais explorada por empresas estrangeiras na época, das quais apenas algumas contavam com as devidas licenças do governo brasileiro, para extração principalmente madeira e erva-mate.

Na extração desses produtos, havia também o regime escravagista dessas empresas na região, o que também contribuiu para que o governo brasileiro fundasse em 21 de novembro de 1889, a Colônia Militar de Foz do Iguaçu.

O município de Foz do Iguaçu, do qual fez parte o atual território de Toledo, foi criado pela Lei nº 313, de 14 de março de 1914. O município abrangia o Extremo Oeste Paranaense, entre os Rios Piquiri e Iguaçu, região então coberta por matas e habitada por indígenas.

Como território brasileiro, em 1924, o Oeste do Paraná também foi palco de enfrentamento da Revolução Tenentista Sulista, movimento que percorreu as picadas ervateiras e expulsou estrangeiros da região, preparando caminho para a Marcha para o Oeste, deflagrada pelo então presidente Getúlio Vargas, visando a ocupação definitiva das fronteiras brasileiras.

Entre as empresas estrangeiras que operavam no Oeste do Paraná na extração de erva-mate e madeira, estava a Companhia de Maderas del Alto Paraná, proprietária da Fazenda Britânia, com sede em Buenos Aires. Para operar no Oeste do Paraná construiu o Porto Britânia, junto a foz do Rio São Francisco no Rio Paraná, em 1905, onde estabeleceu sua sede na região.



O território chamado Fazenda Britânia foi colocado à venda pelos seus proprietários ingleses em 1945 e despertou o interesse de empreendedores do Sul do Brasil, decididos a investir no ramo de exploração de madeiras e de colonização no Oeste do Paraná, o que resultou na fundação de Toledo, apenas um ano depois.

O forte da colonização se estendeu nos anos 50, com o município sendo criado em 14 de novembro de 1951. A instalação oficial ou emancipação formal, com posse dos primeiros prefeito e vereadores, ocorreu em 14 de dezembro de 1952, juntamente com Cascavel, Guaíra e Guaraniaçu, todas do Oeste do Paraná. Graças à seleção inicial dos colonizadores, foi viabilizada uma agropecuária forte e diversificada no município e região.

### 1.2.1 Formação Econômica e Social do Município

O território de Toledo e região, até Laranjeiras do Sul, era dominado pelos índios Guarani, que tinha a maior aldeia da nação indígena junto às cataratas do Iguaçu, até 1870, quando foi criado o Território Federal do Iguaçu.

Parte da região acabou, depois, sendo entregue aos ingleses em pagamento pela construção da ferrovia Sorocaba (SP) - Viamão (RS). A área passou então a chamar-se Fazenda Britânia.

Em seguida, a área que abrange Toledo, Marechal Cândido Rondon e outros municípios próximos foi vendida à empresa Companhia de Maderas del Alto Paraná, da Argentina, que mais tarde, em 1945, a revendeu a empresários gaúchos.

Ambas as empresas exploravam a erva-mate e madeiras nobres da floresta que cobria o território, como araucária e cedro. Os troncos eram amarrados e formavam grandes balsas para serem levados à Buenos Aires.

Desciam através dos Rios Paraná e da Prata, a partir dos Portos Britânia, Mendes e outros, todos no Rio Paraná, abaixo das Sete Quedas.

Empresários gaúchos criaram a Industrial Madeireira Colonizadora Rio Paraná (Maripá), em 1946, depois de terem adquirido o território no ano anterior, com a finalidade de ocupar definitivamente a região (Figura 1). A iniciativa privada desenvolveu um arrojado e muito bem elaborado projeto de reforma agrária.



**Figura 1 – Três casas de madeira, construídas pela empresa Maripá junto ao arroio Toledo, marcaram o início da colonização. A imagem data de 1946.**

Fonte: Plano Diretor Participativo (2015).

Para começar, toda a área foi dividida em lotes de 10 a 15 alqueires ou de 24 a 36 hectares. Como tinham poucos recursos, os colonizadores, em sua maioria, só compraram um lote, o que ajudou a impedir a formação de latifúndios na região.

A venda de terras foi direcionada a pequenos agricultores do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, dando preferência aos descendentes de imigrantes italianos e alemães.

A escolha não se deu por acaso, pois eles herdavam conhecimentos do continente europeu, em termos de tecnologia agrícola, diversificação da produção, consorciação da lavoura à pecuária e processo de transformação caseira de carnes, leite, frutas e hortaliças em derivados como salame, linguiça, morcilha, doces e conservas.

A primeira caravana de colonizadores chegou a Toledo em 27 de março de 1946, depois de 38 dias de viagem, abrindo picadas na mata fechada, desde São Marcos, na Serra Gaúcha.

O grupo acampou nas margens do então Arroio Toledo, que recebeu este nome, a exemplo da cidade, porque próximo daquele local teria morado um argentino ou paraguaio, conhecido por Toledo. Sua função era a de capataz do Pouso Toledo.

Os agricultores já dominavam a moderna tecnologia da mecanização agrícola e tinham tradição na criação de suínos, aves e gado leiteiro, viabilizando a implantação de agroindústrias que transformaram Toledo e o Oeste do Paraná num dos maiores centros produtores e exportadores de alimentos do País (Figura 2).



**Figura 2 – Caminhão Dodge carregado com tora de madeira de 14,8 m<sup>3</sup> defronte do Café Imperial, em 1951.**

Fonte: Plano Diretor Participativo (2015).

A Figura 3, a seguir, apresenta fotos atuais de Toledo/PR, o Parque Ecológico Diva Paim Barth inaugurado em 1988, e também o Teatro Municipal que foi inaugurado em 26 de novembro de 1999, construído com recursos do Ministério da Cultura, do Estado e do Município.



Figura 3 – Fotos do Lago Municipal e Teatro Municipal de Toledo.

Fonte: Toledo (2017).

A Figura 4, a seguir, apresenta fotos da Prefeitura Municipal, do Fórum e da Câmara Municipal de Toledo.



Prefeitura Municipal de Toledo



Fórum



Câmara Municipal de Toledo

Figura 4 – Fotos Prefeitura Municipal, Fórum e Câmara Municipal de Toledo/PR.

Fonte: Toledo (2015).

### 1.2.2 Aspectos Econômicos do Município

Segundo dados do Plano Diretor Participativo, 2015, Toledo é modelo de desenvolvimento econômico e humano, rural e urbano, graças ao seu solo fértil, clima favorável, recursos hídricos abundantes, topografia adequada, localização privilegiada e vocação e capacidade de sua gente, desde os desbravadores até os empresários, agricultores e trabalhadores da atualidade.



O campo detém o maior Valor Bruto de Produção (VBP) Agropecuária do Paraná e da Região Sul e 11º do País, somando 1,74 bilhão de reais em 2014. Para isso, mantém o maior rebanho suíno, o maior plantel de aves, a 2ª maior piscicultura comercial e a 4ª maior bacia leiteira, do Paraná.

A seguir apresentam-se tabelas com dados do IBGE-Censo Agropecuário, sobre os estabelecimentos agropecuários e área segundo as atividades econômicas (2006) Tabela 1, área colhida, produção, rendimento médio e valor da produção agrícola pelo tipo de cultura temporária (2015) Tabela 2 e Efetivo de Pecuária e Aves (2015) Tabela 3.

**Tabela 1 – Estabelecimentos agropecuários e área segundo as atividades econômicas (2006).**

Atividades econômicas	Estabelecimentos	Área (ha)
Lavoura temporária	1.425	72.685
Horticultura e Floricultura	78	618
Lavoura permanente	18	889
Produção de sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal	-	-
Pecuária e criação de outros animais	1.485	27.895
Produção florestal de florestas plantadas	16	458
Produção florestal de florestas nativas	11	122
Pesca	-	-
Aquicultura	3.067	103.269

Fonte: Caderno IPARDES (2017). (IBGE – Censo Agropecuário, 2010).

**Tabela 2 – Área colhida, produção, rendimento médio e valor da produção agrícola pelo tipo de cultura temporária (2015).**

Cultura temporária	Área colhida (ha)	Produção (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (R\$ 1.000,00)
Aveia (em grão)	200	400	2.000	240
Feijão (em grão)	700	1.302	1.860	1.953
Fumo (em folha)	5	12	2.400	66
Mandioca	300	8.100	27.000	1.458
Milho (em grão)	64.000	455.000	7.109	163.170
Soja (em grão)	71.000	252.000	3.549	226.908
Trigo (em grão)	6.000	14.400	2.400	8.640

Fonte: Caderno IPARDES (2017). (IBGE – Censo Agropecuário, 2010).

**Tabela 3 – Efetivo de Pecuária e Aves (2015).**

Efetivos	Número
Rebanho de bovinos	48.794
Rebanho de equinos	456
Galináceos – Total	8.320.864
Galinhas (1)	413.560
Rebanho de suínos – Total	1.242.834
Matrizes de suínos (1)	55.000
Rebanho de ovinos	3.180
Rebanho de bubalinos	-
Rebanho de caprinos	798
Codornas	60.000
Rebanho de ovinos tosquiados	-
Rebanho de vacas ordenadas	19.415

(1) A partir de 2013 passa-se a pesquisar as galinhas fêmeas em produção de ovos, independente do destino da produção (consumo, industrialização ou incubação) e as matrizes de suínos.

Fonte: Caderno IPARDES (2017). (IBGE – Censo Agropecuário, 2010).





Além de abastecer as agroindústrias da cidade e região os novos desafios do agronegócio, base da economia de Toledo, vão da preservação dos recursos naturais, geração de energia alternativa e aumento da produtividade, já que não há possibilidade de ampliação da área cultivada, até a mobilização permanente por justiça tributária e investimentos na logística de transporte.

No setor industrial, Toledo sedia o maior abatedouro de suínos e frangos do País, que exporta carnes e derivados para mais de 100 países e gera mais de oito mil empregos diretos.

Seguem destaques econômicos e sociais, segundo Plano Diretor Participativo (2015):

- ✓ 1º lugar em Valor Bruto da Produção (VBP), da Agropecuária do Paraná e da Região Sul e 11º do País, com 1,74 bilhão de reais e 6.162 propriedades rurais;
- ✓ 1º lugar em Valor Bruto Adicionado (VAB), da Indústria do Oeste do Paraná, com 731 unidades industriais;
- ✓ 1º lugar em rebanho suíno do Estado;
- ✓ 1º lugar em plantel de frangos do Estado;
- ✓ 2º lugar em piscicultura comercial do Estado;
- ✓ 4º lugar na produção de leite do Estado;
- ✓ 8º lugar em Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), do Paraná;
- ✓ 9º lugar em arrecadação do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), do Paraná;
- ✓ Centro industrial comercial e de prestação de serviços com 11.399 empresas (CNPJ) cadastradas na Prefeitura, das quais 4.470 são microempresas individuais e 6.929 dividem-se entre micros, pequenas, médias e grandes empresas, das quais 3.394 são estabelecimento comerciais. As unidades industriais somavam 731, as lojas comerciais 3.394 e as prestadoras de serviços 2.804;
- ✓ Os trabalhadores autônomos somam 3.529 profissionais (CPF) cadastrados na Prefeitura;

Ainda, segundo o Plano Diretor Participativo (2015), O PIB Industrial de Toledo ocupa o 12º lugar no Estado, que é o 5º do Brasil. Ressalta-se algumas das indústrias presentes na região, como: BRF S/A - Brasil Foods, INAB - Indústria Nacional de Bebidas, Globoaves Agroavícola, Metalúrgica Ferroeste, Langetex Indústria Têxtil, Inomaq Indústria e Comércio de Equipamentos, KG Indústria Metalúrgica, Nutron, Fiasul, Prati-Donaduzzi Medicamentos Genéricos.

### 1.2.3 Localização Geográfica do Município

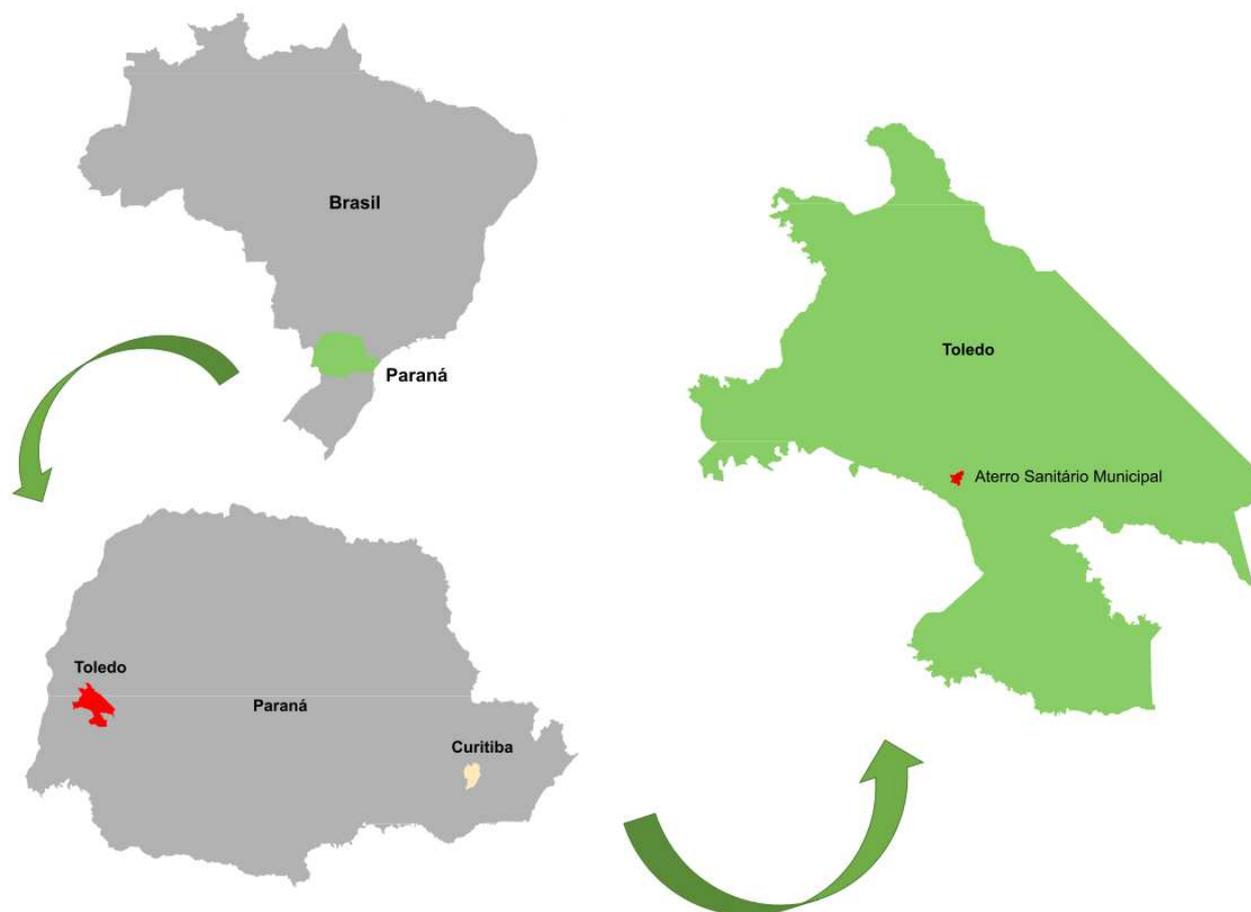
O Município de Toledo fica localizado na Região Oeste do Estado do Paraná, possuindo uma área territorial 1.196,999 km<sup>2</sup>, sendo suas coordenadas geográficas, altitude, densidade demográfica e distância da sede do município da Capital do Estado, segundo dados do Plano Diretor Participativo (2015), detalhadas a seguir:

- Latitude Sul – 24°45'00";
- Longitude Oeste – 53°41'00";
- Altitude (m) – 547,00;



- Densidade Demográfica (hab/Km<sup>2</sup>) – 90,75; e,
- Distância à Capital (km) – 536.60.

A Figura 5, a seguir apresenta a localização do Município de Toledo, em relação ao Brasil, e Estado do Paraná.



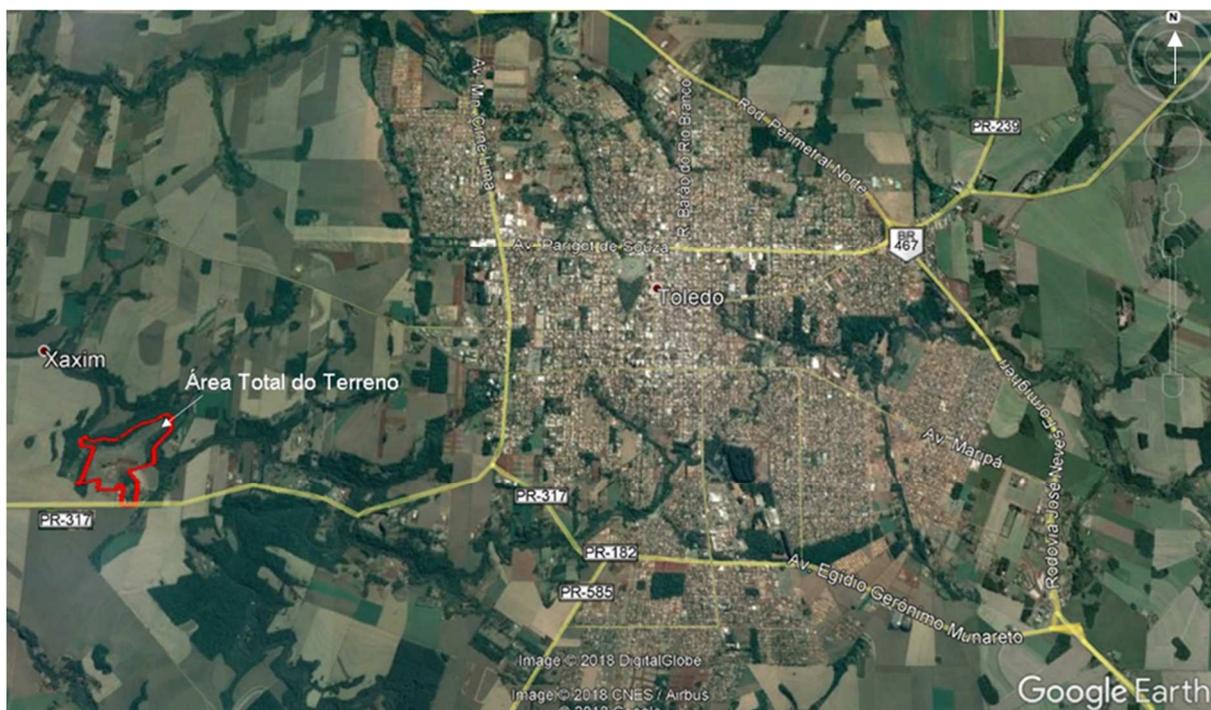
**Figura 5 – Macrolocalização (sem escala).**

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

### 1.3 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO

A localização da área para construção do novo Aterro Sanitário, está no Lote Rural nº25-A/A, da parte Oeste do Perímetro B da Fazenda Britânia, na Comunidade de Nossa Senhora do Rocio, no Município de Toledo/PR, na Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

A área tem acesso por Rodovias Pavimentadas com regular manutenção, e a entrada se dá por uma via não pavimentada que pertence ao aterro sanitário existente que está em operação em área vizinha. A Rodovia PR-317 é a via de acesso que liga Toledo a Ouro Verde do Oeste e Santa Helena, conforme apresenta-se na Figura 6 e Figura 7 a seguir. Ressalta-se que esta área é anexa ao atual Aterro Sanitário de Toledo/PR, o qual já está em funcionamento há mais de 15 anos, possuindo uma distância de 9.600 metros até a Sede Urbana do Município.



**Figura 6 – Localização do novo aterro sanitário em relação a sede do Município de Toledo (sem escala).**  
Fonte: Habitat Ecológico (2017).

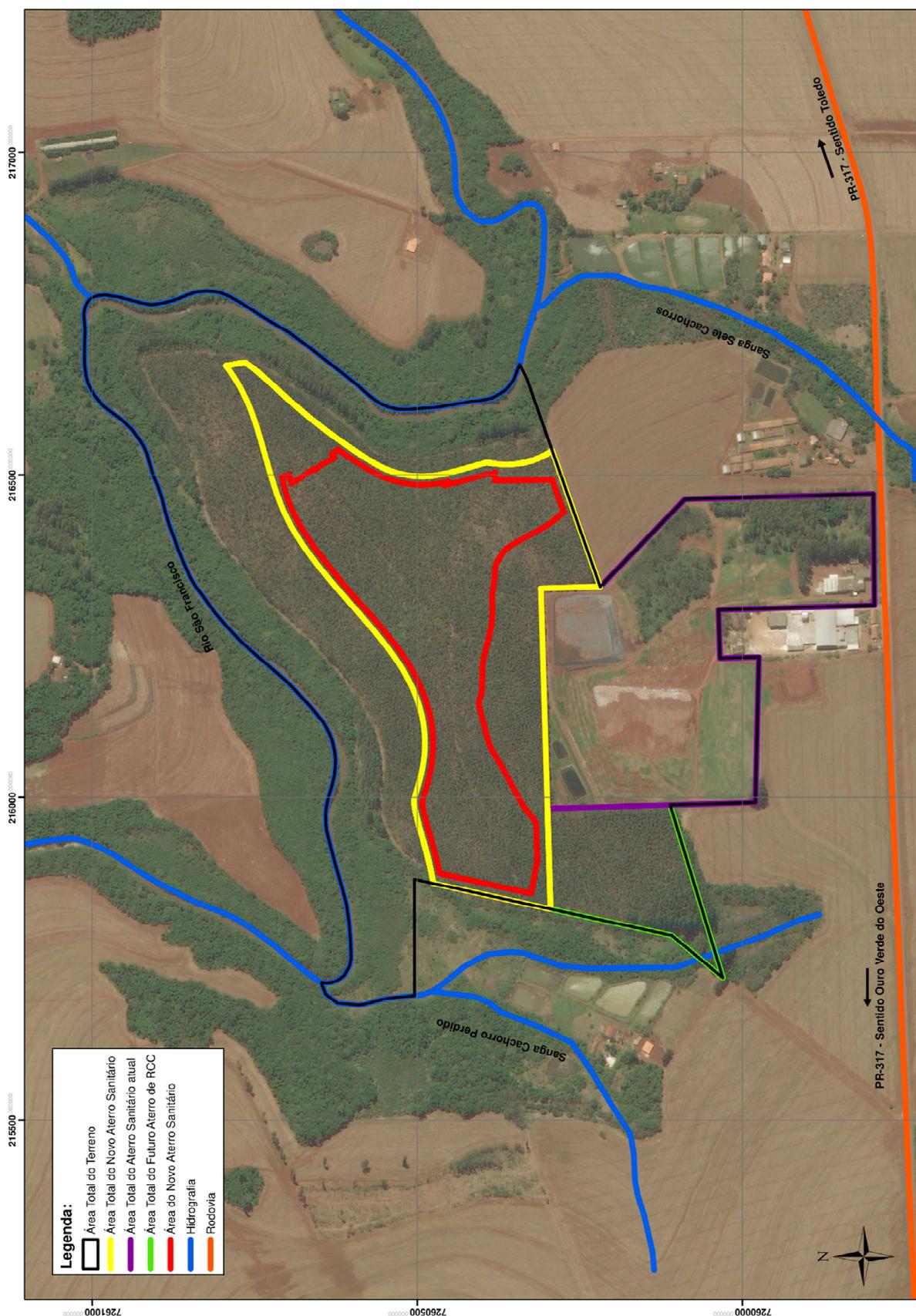
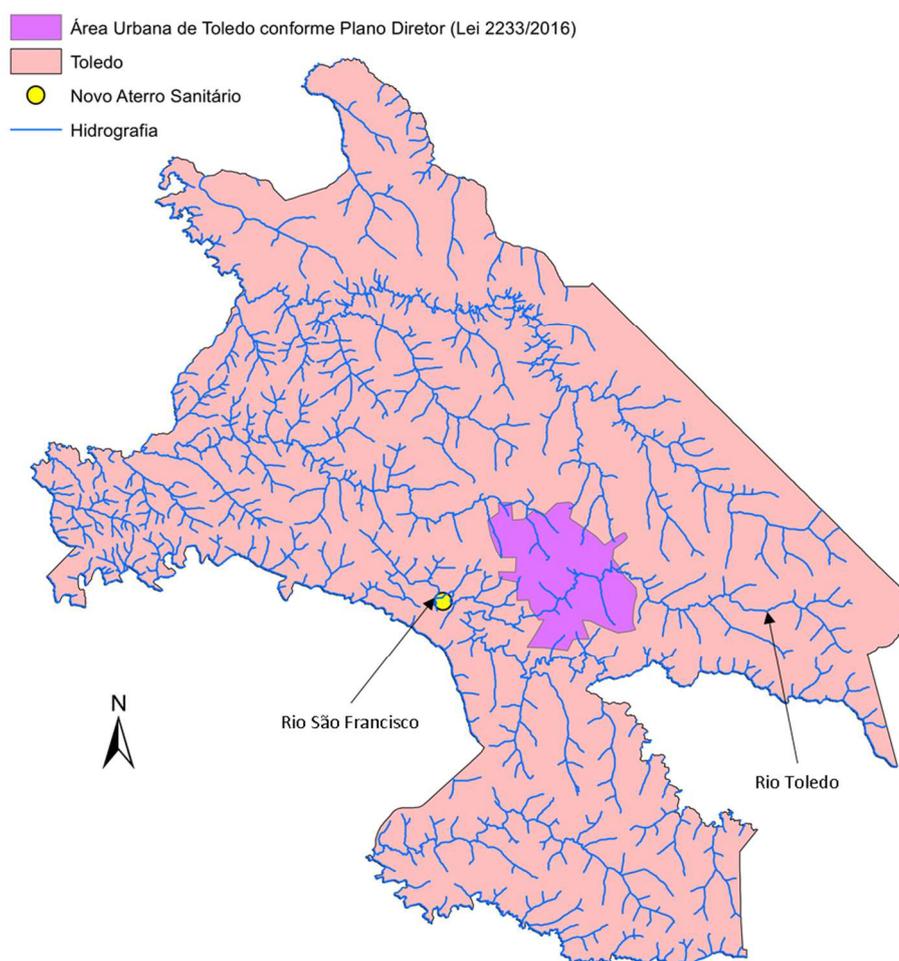


Figura 7 – Localização da área do novo Aterro Sanitário (sem escala).  
Fonte: Habitat Ecológico (2017).

#### 1.4 HIDROGRAFIA

O município de Toledo é cortado por rios, lajeados, arroios, sangas e córregos que constituem a sua rede hidrográfica (Figura 8). Seis microbacias, importantes do ponto de vista geoeconômico, fazem a divisão dessas águas e todas correm em direção ao Rio Paraná e ao Lago de Itaipu, conforme segue:

- Sub-Bacias dos Rios São Francisco e Marreco (ao Centro);
- Sub-Bacias dos Rios Guaçu e 18 de Abril (ao Norte); e,
- Sub-bacias dos Rios Santa Quitéria e São Francisco Falso - Braço Norte (ao Sul).



**Figura 8 – Hidrografia do Município de Toledo (sem escala).**

Fonte: Águas Paraná (2011).

A Lei Municipal nº 2.243/2017 estabelece o Plano Municipal de Recursos Hídricos de Toledo (PMRH), definindo a divisão do Município em sub-bacias de gestão de recursos hídricos, bem como o diagnóstico e os cenários futuros dos seus usos, os programas, projetos, metas e ações a serem implantados e desenvolvidos no Município. Ainda, os mapas complementares relacionados aos estudos e diagnósticos. Esse conteúdo encontra-se disponível no site da Prefeitura Municipal de Toledo.

O empreendimento encontra-se na Sub-Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. O rio São Francisco é o corpo hídrico que contorna os fundos do empreendimento.

Segundo informações do EIA/RIMA (2005), a Bacia Hidrográfica do rio São Francisco possui 255 km<sup>2</sup> de extensão. O rio São Francisco nasce próximo ao perímetro urbano de Cascavel e corre no sentido oeste atravessando diversos municípios como Toledo, Ouro Verde do Oeste, São José das Palmeiras e Marechal Cândido Rondon, até desaguar no lago de Itaipu na divisa de Entre Rios do Oeste com Pato Bragado. Quase 50% da extensão total do rio São Francisco faz divisa ou está inserida no município de Toledo, sendo alimentado, nesse território, por afluentes como o rio Lopeí e Arroio Ivo.

### 1.4.1 Hidrogeologia

A área territorial do município de Toledo está inserida no sistema aquífero Serra Geral (SASG), conforme Figura 9.

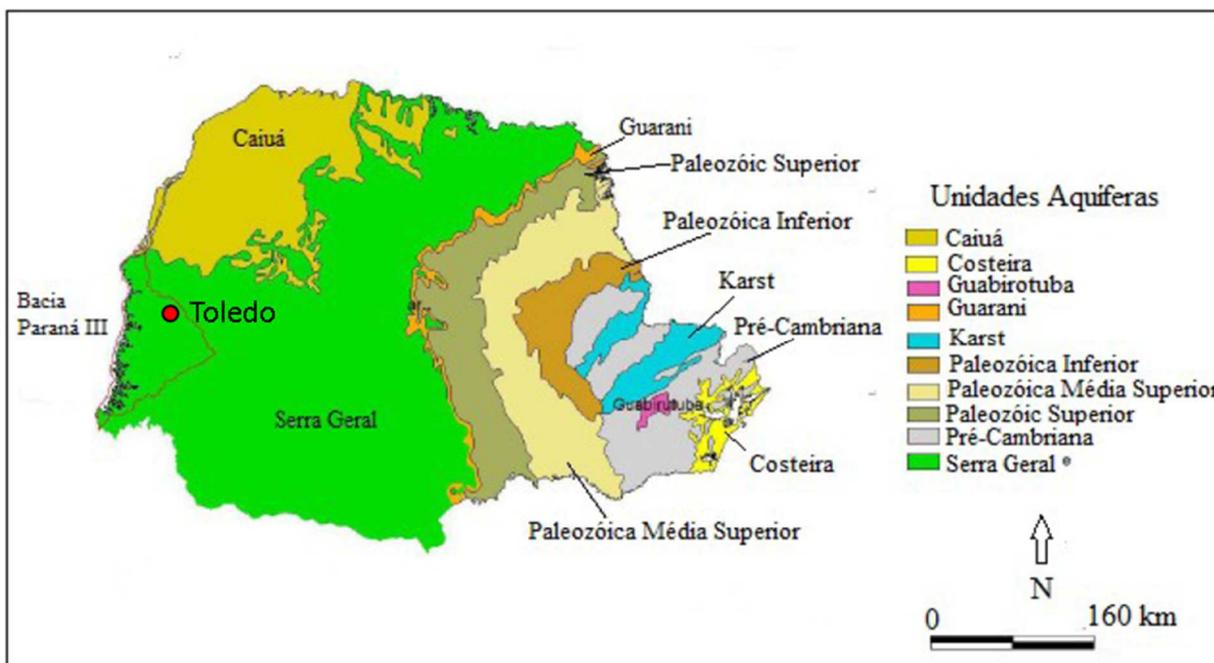


Figura 9 – Principais aquíferos do estado do Paraná.

Fonte: Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (2011).

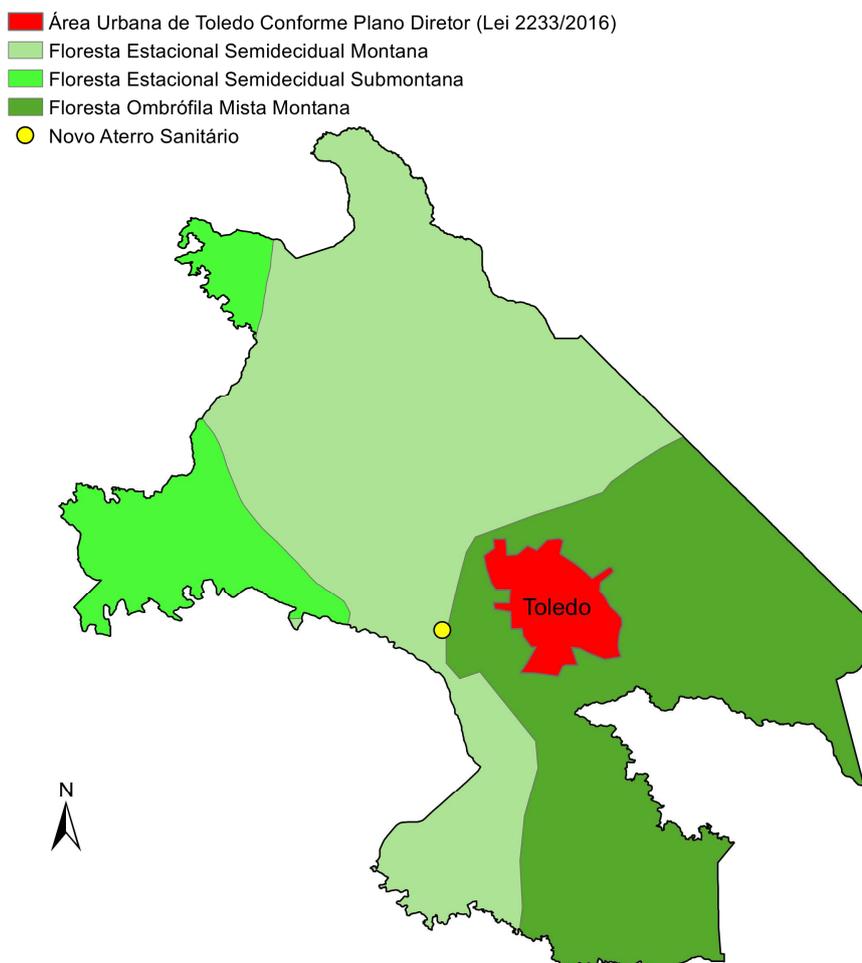
De acordo com o Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3, elaborado em 2011, a recarga principal deste aquífero ocorre através da precipitação pluvial, principalmente em áreas com manto de alteração bem desenvolvido, relevo plano ou pouco acidentado e considerável cobertura vegetal (mata nativa). Em termos de potabilidade, as águas mostram uma forte tendência ácida (pH entre 5,5 e 6,5) e mineralização total inferior a 300 mg/l. O aquífero Serra Geral, onde situa-se o Município de Toledo, é considerado um importante sistema de abastecimento, suprindo mais de 70% dos núcleos urbanos do Estado do Paraná com água de ótima qualidade, condições essas que se refletem na área do novo Aterro Sanitário do Município.

## 1.5 VEGETAÇÃO

Segundo o Plano Diretor Participativo (2015), o planalto basáltico, onde está localizado o Município de Toledo, principalmente em suas partes mais elevadas, no início da colonização, nas décadas de 1940 e 1950, era coberto originalmente de enormes extensões de pinheirais interrompidas por eventuais manchas de campo. No Nordeste do território de Toledo, por exemplo, entre as localidades de Sol Nascente e Ouro Preto, havia uma grande mancha de vegetação rala, conhecida como campina.

Nas menores altitudes, predominava a vegetação de mata latifoliada subtropical. Nestas áreas as espécies predominantes eram, primitivamente, a peroba, o cedro, a cabriúva, o louro, o pau-d'álho, o ipê, o marfim e outras indicadoras da grande fertilidade da terra.

A seguir, a Figura 10, apresenta a formação fitogeográfica do município de Toledo disponibilizada pelo ITCG. Ressalta-se que a área de implantação do Novo Aterro Sanitário encontra-se na Floresta Estacional Semidecidual Montana, vegetação que ocorre em áreas montanhosas com elevações médias acima de 400 metros de altitude, pouco representativa na área em estudo.



**Figura 10 – Formações Fitogeográficas do Município de Toledo.**

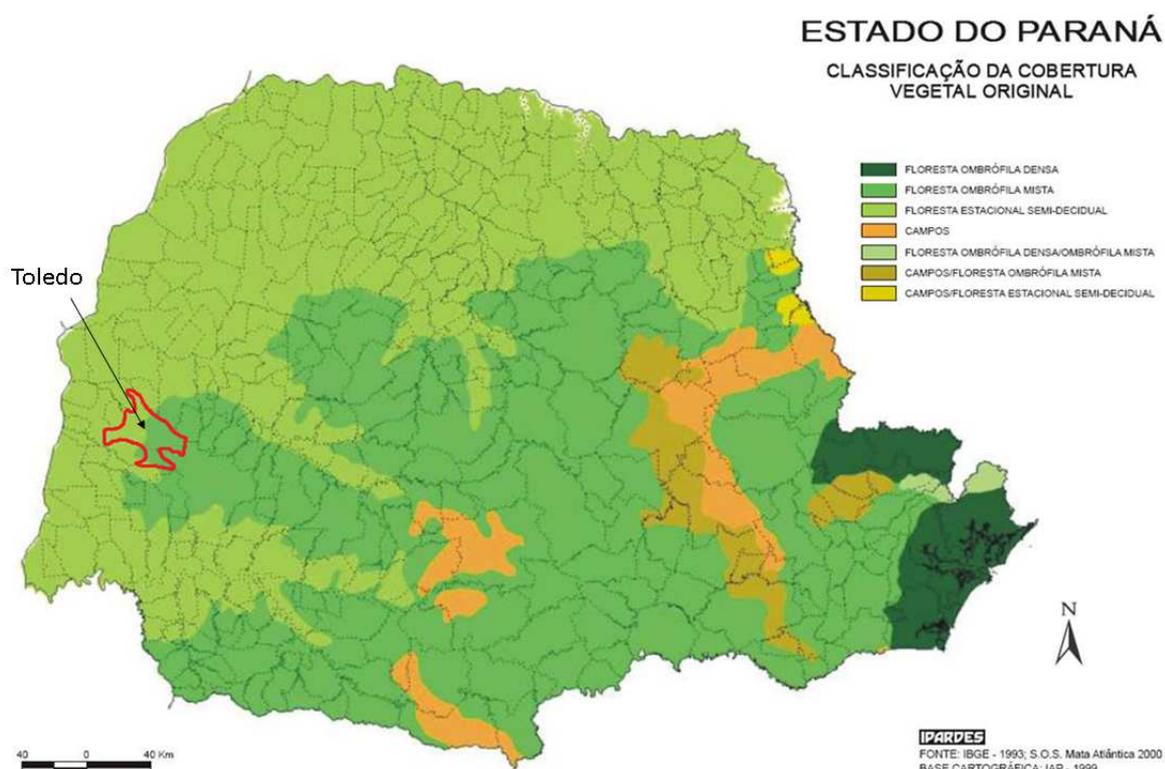
Fonte: Habitat Ecológico (2017), Adaptado de ITCG (1990).

A exploração desenfreada nas décadas de 1940, 1950 e 1960, com exportação de madeira serrada ou de toras para a Argentina e para o Uruguai, com o agravante da mecanização agrícola nos anos 1970, arrasaram as florestas que cobriam o território do Município de Toledo.

Em termos quantitativos, em 2004, as áreas em mata nativa não perfaziam mais que 5%, com destaque para pequenas reservas e para a mata ciliar, que está sendo recuperada com o plantio de espécies nativas, como alternativa para a regeneração natural e para a proteção dos mananciais e da fauna aquática. As espécies mais representativas no Município são o angico, canafístula, ipê amarelo, ipê roxo, guajuvira e cedro (Toledo, 2015).

As áreas de reflorestamento com eucalipto, pinus e araucária somam aproximadamente 2.700 hectares. As áreas existentes como preservação ambiental são: Complexo Turístico do Rio São Francisco, Parque Ecológico Diva Paim Barth, Parque Linear de Toledo, Parque dos Pioneiros, Viveiro Municipal e quatro Reservas Particulares do Patrimônio Natural (Toledo, 2015).

As Figura 11 e Figura 12, a seguir, apresentam a cobertura vegetal nativa no Estado do Paraná, no qual o Município de Toledo localiza-se entre a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Pluvial) e a Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária).



**Figura 11 – Classificação da Cobertura Vegetal Original.**

Fonte: IBGE (1993).

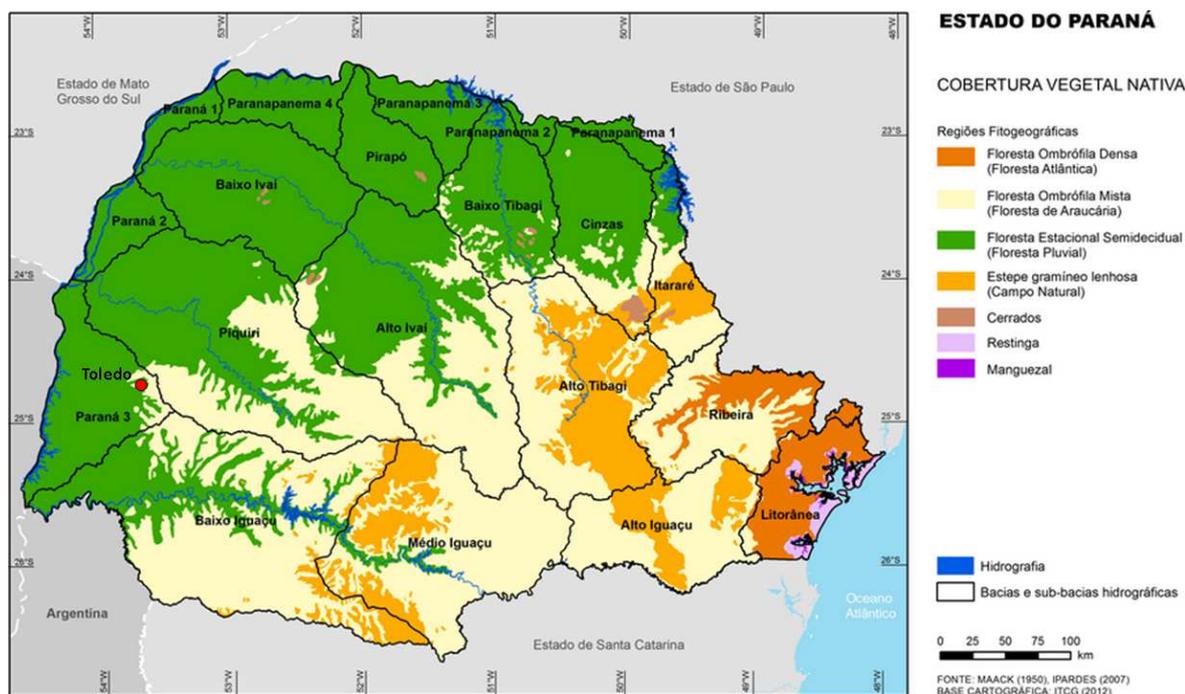


Figura 12 – Cobertura Vegetal Nativa do Estado do Paraná.  
Fonte: ITCG (2012).

### 1.6 INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS A SEREM DISPOSTOS NO ATERRO SANITÁRIO

Em Toledo, a coleta domiciliar dos resíduos domiciliares (fração úmida ou orgânica) é realizada por empresa terceirizada contratada pelo município. A empresa é a Transportec – Coleta e Remoção de Resíduos LTDA, com matriz em Curitiba.

Essa coleta é realizada em todos os bairros da Sede do Município além dos distritos e algumas localidades da área rural. A coleta é realizada com base no roteiro de coleta, definindo dias e horários, conforme contrato. A coleta dos resíduos domiciliares é encaminhada para disposição final no aterro sanitário. Os dados apresentados na Tabela 4 e Tabela 5 referem-se aos serviços prestados. Os funcionários da Transportec são por ela contratados e não pelo Município.

Em relação ainda aos resíduos a serem dispostos no aterro, tanto a Associação de Catadores, quanto a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Toledo – COOPERTOL, destinam seus rejeitos, após processo de triagem, ao aterro sanitário. O transporte deste rejeito é realizado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, tanto da Associação quanto da Cooperativa, por meio de um caminhão basculante e por um caminhão carroceria de madeira. O rejeito é proveniente da triagem de materiais recicláveis (fração seca).

Desde Janeiro/2018 a Secretaria Municipal do Meio Ambiente é a responsável pelo gerenciamento do contrato de coleta e transporte de resíduos domiciliares (fração úmida) e a Transportec é a empresa terceirizada para a coleta dos mesmos.

Tabela 4 – Efetivo de trabalhadores e frota utilizada nos serviços de coleta de orgânicos (fração úmida).

<b>Efetivo</b>	28 Coletores	09 motoristas	01 op. roçadeira	01 varredor	01 lavador de frota	01 líder de equipe	01 enc. Administrativo
<b>Frota</b>	06 caminhões coletores compactadores, capacidade de 15 m <sup>3</sup> cada.						

Fonte: Toledo (2014).





Tabela 5 – Frota operante no Município de Toledo – Caminhões Compactadores.

Item	Frota	Marca/Modelo	Ano	Placa	Renavan
1	33	VW/15.190 CRM 4x2 4P	2015	FCM-2546	01042011165
2	17	VOLVO/VM 270 4X2 R	2015	FXY-4890	01039142307
3	18	VOLVO/VM 270 4X2 R	2015	FCR-2890	01039418993
4	34	VOLVO/VM 270 4X2 R	2015	FLR-3589	01039143420
5	35	VOLVO/VM 270 4X2 R	2015	FCI-0398	01039143153
6	250	VOLVO/VM 270 4X2 R	2015	FZI-2665	01039142980
Reserva	256	VW/17.190 CONSTELLATION	2013	AWV-1487	0534562639

Fonte: Transportec (2018).

A compressibilidade dos resíduos sólidos coletados nos veículos compactadores variam de 2:1 a 3:1, ou seja, 2 m<sup>3</sup> de resíduos: 1 m<sup>3</sup> de capacidade do veículo ou 3 m<sup>3</sup> de resíduos: 1 m<sup>3</sup> de capacidade do veículo.

A disposição final dos resíduos domiciliares em Toledo é realizada no aterro sanitário municipal, operado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Durante os dias 29/08/2017 e 04/09/2017, foi realizado estudo de caracterização dos resíduos sólidos dispostos no Aterro Sanitário, para ser utilizado como referência do material que será destinado ao futuro Aterro Sanitário (objeto desse estudo). O procedimento foi realizado na área do atual Aterro Sanitário, onde está localizado também o barracão da Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Toledo, na Central de Triagem de Materiais Recicláveis.

### 1.6.1 Características Físicas

Para o cálculo da composição média final dos resíduos dispostos no Aterro Sanitário, foi considerada a quantidade de resíduos por cada tipo de coleta – convencional e rejeitos e da coleta seletiva (Tabela 6), conforme informações repassadas pela Prefeitura Municipal de Toledo.

Tabela 6 – Quantificação de resíduos dispostos no Aterro Sanitário em 2016.

Coleta	Kg/ano	Kg/mês	Kg/dia	%
Coleta Convencional	28.839.580,00	961.319,33	79.012,55	97%
Rejeitos Coleta Seletiva	790.030,00	26.334,33	2.164,47	3%
Total	29.629.610,00	987.653,67	81.177,01	100%

Fonte: Prefeitura Municipal de Toledo (2017).

Utilizando a população estimada para o ano de 2016, é possível obter a produção *per capita* de resíduos no Município de Toledo em kg/hab.dia conforme Tabela 7 a seguir:

Tabela 7 – Determinação da produção per capita de resíduos sólidos em Toledo/PR (ano de referência: 2016).

Quantidade de resíduos (kg/dia)	População total (Habitantes)	Produção per capita (kg/hab.dia)
81.177,01	135.415	0,6

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Com esses valores, foi calculada a média ponderada para cada tipo de resíduo, levando em consideração a média dos resíduos da coleta convencional, e a porcentagem relativa aos rejeitos da coleta seletiva (Figura 13 e Tabela 8). Para mais detalhes, ver Estudo de Caracterização de Resíduos no **Anexo D**, Tomo II.



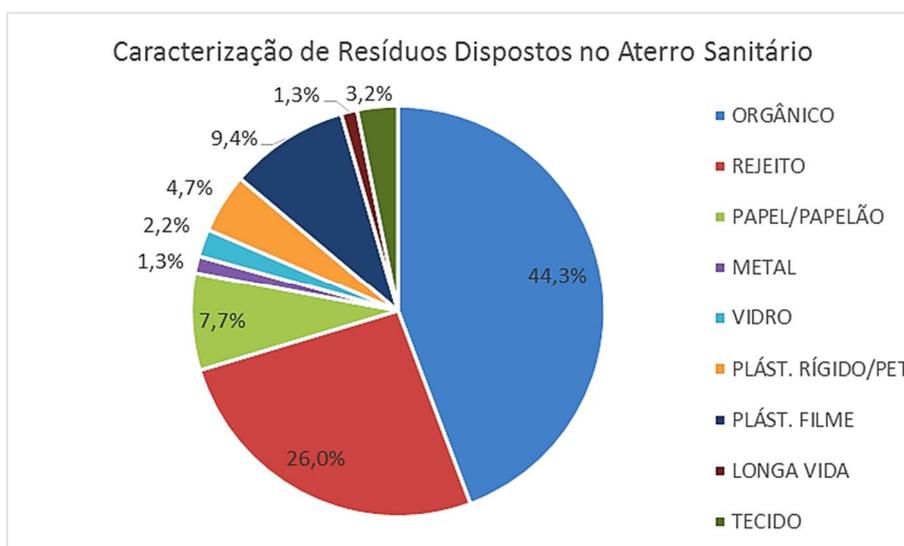


Figura 13 – Média ponderada da composição dos resíduos.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Tabela 8 – Média ponderada da composição dos resíduos destinados ao Aterro Sanitário.

Resíduos	Coleta Convencional	Rejeito Coleta Seletiva	Média Ponderada
Orgânico	45,2%	11,2%	44,3%
Rejeito	26,3%	17,7%	26,0%
Papel/Papelão	7,3%	21,0%	7,7%
Metal	1,3%	3,6%	1,3%
Vidro	2,2%	0,9%	2,2%
Plást. Rígido/Pet	4,3%	18,7%	4,7%
Plást. Filme	9,4%	9,7%	9,4%
Longa Vida	1,2%	4,0%	1,3%
Tecido	2,9%	13,1%	3,2%

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Pela tabela e figura anteriores, nota-se que a quantidade de resíduos orgânicos é a mais representativa na composição gravimétrica dos resíduos sólidos da coleta convencional do município. Na sequência, por ordem decrescente, encontram-se os seguintes resíduos: rejeito; plástico filme; papel/papelão; plástico rígido/PET; tecido; vidro; metal; e longa vida.

O percentual dos resíduos orgânicos, reciclável e rejeito para o Município de Toledo é apresentado na Tabela 9, em comparação à composição do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES, 2012), demonstrando que há algumas diferenças entre os estudos realizados.

Tabela 9 – Comparativo dos estudos de caracterização de resíduos.

Resíduos	Toledo	PLANARES
Orgânico	44,3%	51,4%
Reciclável	26,5%	31,9%
Rejeito	29,2%	16,7%

Fonte: PLANARES (2012) adaptado por Habitat Ecológico (2017).

Além dessas informações, foi realizado cálculo da massa específica dos resíduos amostrados, que representa o peso dos resíduos (em kg), dividido pelo volume dos recipientes (em m<sup>3</sup>). A massa específica de resíduos destinados no Aterro Sanitário em 2016 (Tabela 10), é equivalente a 159,63 kg/m<sup>3</sup> de resíduos.



**Tabela 10 – Cálculo da massa específica de resíduos (kg/m<sup>3</sup>) – média ponderada.**

Coleta Convencional	Rejeito Coleta Seletiva	Média ponderada
162,60	63,75	159,63

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Outra característica física importante para a operação de um Aterro Sanitário é a compressibilidade, ou grau de compactação, que indica a redução de volume que pode sofrer uma determinada massa de resíduos quando submetida a uma pressão determinada (expresso em %).

Denardin (2013), em sua dissertação de mestrado sobre “Estudos dos Recalques do Aterro Sanitário da Central de Resíduos do Recreio – Minas do Leão/RS”, apresenta a listagem de modelos que podem ser utilizados para a determinação do índice: Modelo Reológico de Gibson e Lo; Modelo de Bjarngard e Edgers; Modelo de Meruelo; e Modelo Hiperbólico.

Para determinação deste índice, são utilizados diversos modelos, que podem ser realizados durante o projeto ou durante a operação. No primeiro caso não se dispõe de dados de recalque, o que dificulta bastante a previsão. Esta é realizada através de estudos paramétricos a partir de dados dos valores dos parâmetros de interesse disponíveis na bibliografia internacional e nacional. Estes dados apresentam faixas de variação muito amplas, resultando em estimativas pouco precisas de recalques na situação projeto. No segundo caso, a previsão de recalques baseia-se em dados reais obtidos em campo a partir de instrumentação ou levantamentos topográficos.

Portanto, de acordo com a bibliografia, a determinação do índice de compressibilidade na fase de projeto não é recomendada, pois resultam em estimativas pouco precisas, e dependem de diversos parâmetros que são de difícil obtenção, como: coeficientes de compressão; tensão vertical; entre outros.

Para Wall e Zeiss (1995), estimativas de recalques totais de aterros sanitários variam de 25 a 50%. Segundo Ling et al. (1998), os recalques finais em um aterro sanitário podem ser 30 a 40% da altura inicial, ao longo da sua vida útil.

De acordo com o IBAM (2001), como referência, pode-se utilizar que quando submetido a uma pressão de 4 kg/cm<sup>2</sup>, o volume de resíduos domiciliares pode ser reduzido de 1/3 a 1/4 do seu volume original.

Nesta fase de projeto deverão ser considerados estes valores do IBAM, e ao longo da operação do Aterro Sanitário, deverá ser realizado o acompanhamento dos elementos necessários para cálculo do recalque, para determinar a variação do índice ao longo do tempo.

### 1.6.2 Características Químicas

Para o aterro sanitário futuro, deverão ser destinados somente os resíduos classificados como Classe II – não perigosos. O estudo de caracterização realizado aponta as porcentagens de resíduos orgânicos, recicláveis, e rejeitos, classificados como Classe II-A, conforme Tabela 11.



**Tabela 11 – Classificação dos resíduos a serem dispostos no Aterro Sanitário.**

Resíduos	Toledo	Classificação
Orgânicos	44,3%	Classe II-A
Recicláveis	26,5%	Classe II-A
Rejeitos	29,2%	Classe II-A e II-B

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Além desta classificação, os resíduos apresentam diversas características químicas, descritas pelo IBAM (2001):

- Poder calorífico

Esta característica química indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima. O poder calorífico médio do resíduo domiciliar se situa na faixa de 5.000kcal/kg.

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos. Em geral, situa-se na faixa de 5 a 7.

- Composição química

A composição química consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras.

- Relação carbono/nitrogênio (C:N)

A relação carbono/nitrogênio indica o grau de decomposição da matéria orgânica dos resíduos nos processos de tratamento/disposição final. Em geral, essa relação encontra-se na ordem de 35/1 a 20/1.

Na decomposição dos resíduos aterrados (ver item 1.6.3 - Características Biológicas), são gerados gases, que devem possuir sistema de captação para que não sejam liberados diretamente na atmosfera, podendo causar impactos ambientais. De acordo com a Agência Nacional do Petróleo – ANP (2007), o gás proveniente de Aterro Sanitário apresenta a seguinte composição:

- 40% a 55% de metano (CH<sub>4</sub>);
- 40% a 30% de gás carbônico (CO<sub>2</sub>);
- 20% a 15% de ar;
- Até 200 ppm de gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S).

### 1.6.3 Características Biológicas

O estudo da população microbiana e dos agentes patogênicos presentes nos resíduos sólidos urbanos, ao lado das suas características químicas, permite que sejam discriminados os métodos de tratamento e disposição mais adequados.

A periculosidade do resíduo sólido é a característica que pode apresentar, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas:





- a) Risco à saúde pública, provocando ou acentuando de forma significativa um aumento da mortalidade ou incidência de doenças, e/ou;
- b) Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada.

O processo de decomposição de resíduos sólidos urbanos ocorre por ação biológica, por estar composto em sua grande parte (50 a 60% em média) de matéria orgânica. Esta parcela majoritária é atacada por bactérias e fungos saprófitos (seres que se alimentam de vegetais e animais mortos), que primeiramente realizam a digestão da matéria orgânica, pois esta é na sua maior parte insolúvel. Este processo consiste na produção de enzimas exógenas pelos microorganismos, que solubilizam a matéria para posterior absorção na forma líquida.

Sendo assim, os resíduos sólidos quando lançados a céu aberto em lixões, ou aterrados em aterros sanitários, entram em decomposição. Os fenômenos que ali ocorrem, via de regra, podem ser subdivididos em 04 (quatro) estágios:

- Fase Acidogênica

É a fase inicial, produzida por enzimas celulares que decompõem a matéria orgânica, formando compostos mais simples, como ácidos solúveis (ácidos graxos, aminoácidos e açúcares). Os subprodutos formados são principalmente água, hidrogênio e dióxido de carbono. A duração da fase acidogênica é de algumas semanas, finalizando com um pico na produção de CO<sub>2</sub>, que chega a 90%, e com o H<sub>2</sub> chegando à faixa de 20%.

- Fase Metanogênica Instável

É a segunda fase do processo anaeróbio, que ocorre na presença de microorganismos normalmente presentes no solo. As bactérias são a *Methanobacterium brvanti* e a *Methanosarcina barkeri*, que transformam os ácidos orgânicos e o dióxido de carbono em metano. O período de incremento da formação de metano é de seis meses a dois anos. O biogás gerado nessa fase é composto por 50% a 60% de metano.

- Fase Metanogênica Estável

É a fase mais longa, estendendo-se por décadas. A composição básica é de cerca de 60% de metano (CH<sub>4</sub>), 40% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e pequenas frações variáveis de outros gases, só sofrendo grandes variações em caso de perturbações do equilíbrio de fatores como umidade e cobertura da massa de resíduos.

- Fase Final

Ocorre após várias décadas, quando a porcentagem de metano na composição do biogás tenha chegado a um índice desprezível, praticamente esgotando-se o material degradável nas condições do aterro. Nota-se a ocorrência de um material orgânico remanescente, ainda biodegradável, mas que apenas voltará a fermentar em condições diferentes às do aterro, se verificadas alterações estruturais ou mudanças na natureza do local – abatimentos ou deslocamentos do maciço; rachaduras; erosões; ou movimentações para preparação do local para outros usos futuros.

Outra questão importante a ser levada em consideração na composição biológica do resíduo sólido, está relacionada ao risco epidemiológico. Os resíduos sólidos contêm grandes quantidades de materiais de natureza biológica (humana, de outros animais e vegetal), que se





constituem em fonte de alimento, água e abrigo para seres veiculadores de reservatórios de doenças. Os principais vetores de veiculação de doenças, são: mosquitos, moscas, baratas e roedores, que podem transmitir doenças como: febre tifóide, cólera, amebíase, disenteria, giardíase, ascaridíase, conjuntivite, alergia, dermatite, pneumonia, intoxicação alimentar, hepatite, gastroenterite, poliomielite, verminose, leishmaniose, febre amarela, dengue, malária, leptospirose, peste bubônica, hantavírus, dentre outras.

Ver Estudo de Caracterização de Resíduos no **Anexo D**, Tomo II.

#### 1.6.4 Estudo Populacional

De acordo com o Termo de Referência para elaboração do projeto executivo, o estudo populacional seria realizado para 20 anos a partir de 2018, conforme determinado no PLANARES (2012), ou seja até 2037. Porém, tendo em vista que a área definida comporta um aterro sanitário com capacidade além dos vinte anos exigidos, será considerado um estudo populacional até 2060, para o projeto de aterro sanitário.

Para os estudos de projeção populacional do município de Toledo-PR obtiveram-se as informações dos censos demográficos do IBGE de 1991, 2000 e 2010 para a área urbana e rural, sendo os resultados destes apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12 – Censos Demográficos para os anos de 1991, 2000 e 2010.**

Ano	Pop. Total (hab.)	Taxa de crescimento Populacional População Total (%)	Taxa de Urbanização (%)	População Urbana (hab.)	População Rural (hab.)	Taxa de crescimento Populacional População Urbana (% a.a.)	Taxa de crescimento Populacional População Rural (% a.a.)
1991	86.250	-	81,20	70.037	16.213	-	-
2000	98.200	1,45	87,49	85.920	12.280	2,30	-3,04
2010	119.313	1,97	90,74	108.259	11.054	2,34	-1,05

Fonte: IBGE (1991), IBGE (2000), IBGE (2010).

As linhas tendenciais das Projeções Populacionais apresentam-se na Figura 14, a seguir.

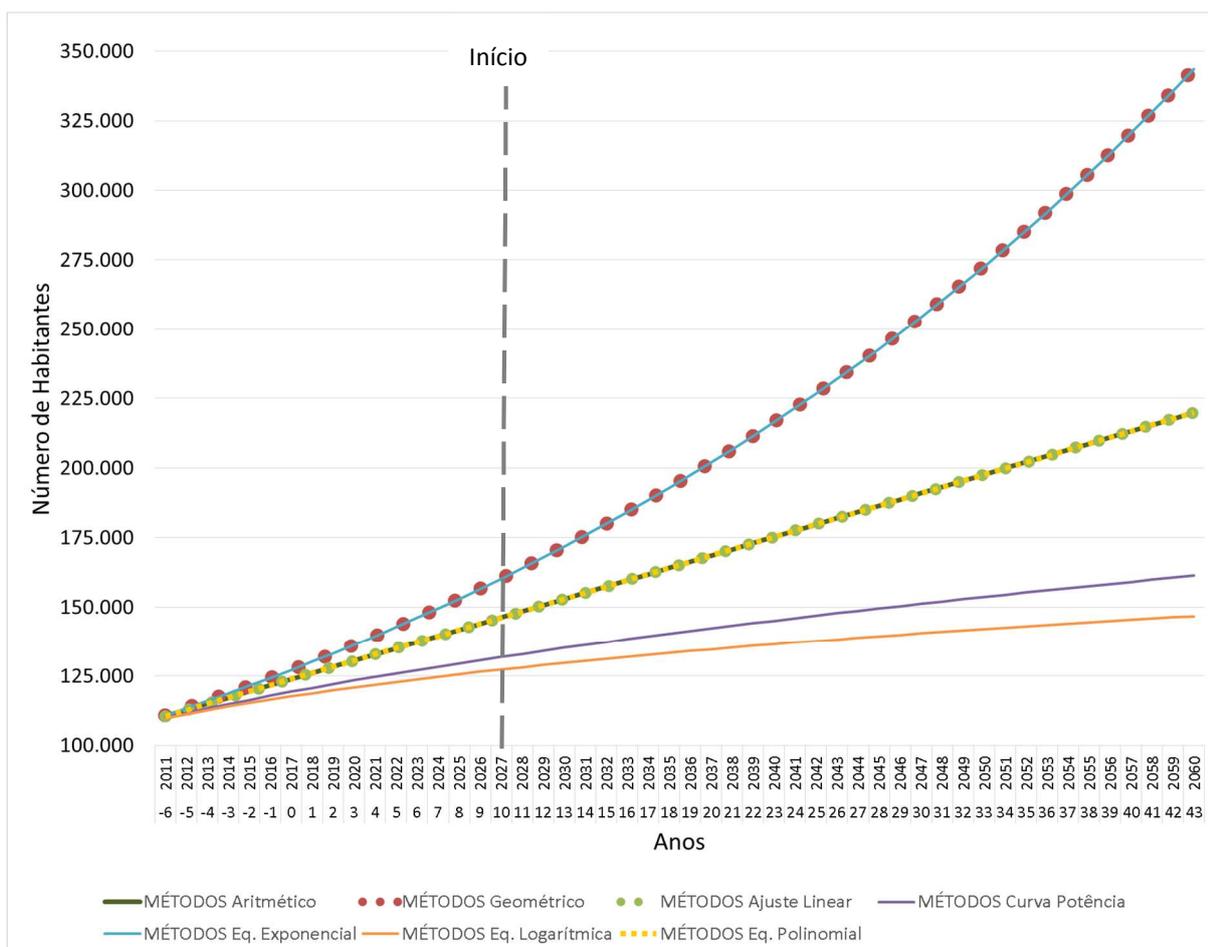


Figura 14 – Gráfico dos Resultados das Projeções Populacionais do município de Toledo-PR.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Tendo em vista tais previsões, adotou-se para o município de Toledo o Método Geométrico para a projeção populacional, iniciando a partir dos 6 anos anteriores ao ano de 2017 (data do último censo IBGE), conforme Tabela 13.



## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

Tabela 13 – População Urbana Adotada para o município de Toledo-PR.

Ano		População Urbana (habitantes)	Taxa de Crescimento a.a.	Ano		População Urbana (habitantes)	Taxa de Crescimento a.a.
-6	2.011	110.790	-	21	2.038	206.775	2,34%
-5	2.012	113.380	2,34%	22	2.039	211.610	2,34%
-4	2.013	116.031	2,34%	23	2.040	216.557	2,34%
-3	2.014	118.744	2,34%	24	2.041	221.620	2,34%
-2	2.015	121.520	2,34%	25	2.042	226.802	2,34%
-1	2.016	124.361	2,34%	26	2.043	232.104	2,34%
0	2.017	127.269	2,34%	27	2.044	237.531	2,34%
1	2.018	130.244	2,34%	28	2.045	243.084	2,34%
2	2.019	133.289	2,34%	29	2.046	248.768	2,34%
3	2.020	136.406	2,34%	30	2.047	254.584	2,34%
4	2.021	139.595	2,34%	31	2.048	260.536	2,34%
5	2.022	142.859	2,34%	32	2.049	266.628	2,34%
6	2.023	146.199	2,34%	33	2.050	272.861	2,34%
7	2.024	149.617	2,34%	34	2.051	279.241	2,34%
8	2.025	153.115	2,34%	35	2.052	285.770	2,34%
9	2.026	156.695	2,34%	36	2.053	292.451	2,34%
10	2.027	160.358	2,34%	37	2.054	299.289	2,34%
11	2.028	164.107	2,34%	38	2.055	306.286	2,34%
12	2.029	167.944	2,34%	39	2.056	313.447	2,34%
13	2.030	171.871	2,34%	40	2.057	320.775	2,34%
14	2.031	175.889	2,34%	41	2.058	328.275	2,34%
15	2.032	180.002	2,34%	42	2.059	335.950	2,34%
16	2.033	184.210	2,34%	43	2.060	343.805	2,34%
17	2.034	188.517	2,34%				
18	2.035	192.924	2,34%				
19	2.036	197.435	2,34%				
20	2.037	202.051	2,34%				
21	2.038	206.775	2,34%				

Nota: O ano de 2037 está destacado em função dos 20 anos de vida útil mínima do aterro sanitário definido pelo PLANARES (2012).

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Para maiores detalhes, ver o **Anexo C** – Estudo Populacional, Tomo II. A Tabela 14, apresenta a população adotada no trabalho.



## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

Tabela 14 – População Total Adotada para o município de Toledo-PR.

Ano		População Urbana (habitantes)	População Rural (habitantes)	População Total (habitantes)
-6	2.011	110.790	11.054	121.844
-5	2.012	113.380	11.054	124.434
-4	2.013	116.031	11.054	127.085
-3	2.014	118.744	11.054	129.798
-2	2.015	121.520	11.054	132.574
-1	2.016	124.361	11.054	135.415
0	2.017	127.269	11.054	138.323
1	2.018	130.244	11.054	141.298
2	2.019	133.289	11.054	144.343
3	2.020	136.406	11.054	147.460
4	2.021	139.595	11.054	150.649
5	2.022	142.859	11.054	153.913
6	2.023	146.199	11.054	157.253
7	2.024	149.617	11.054	160.671
8	2.025	153.115	11.054	164.169
9	2.026	156.695	11.054	167.749
10	2.027	160.358	11.054	171.412
11	2.028	164.107	11.054	175.161
12	2.029	167.944	11.054	178.998
13	2.030	171.871	11.054	182.925
14	2.031	175.889	11.054	186.943
15	2.032	180.002	11.054	191.056
16	2.033	184.210	11.054	195.264
17	2.034	188.517	11.054	199.571
18	2.035	192.924	11.054	203.978
19	2.036	197.435	11.054	208.489
20	2.037	202.051	11.054	213.105
21	2.038	206.775	11.054	217.829
22	2.039	211.610	11.054	222.664
23	2.040	216.557	11.054	227.611
24	2.041	221.620	11.054	232.674
25	2.042	226.802	11.054	237.856
26	2.043	232.104	11.054	243.158
27	2.044	237.531	11.054	248.585
28	2.045	243.084	11.054	254.138
29	2.046	248.768	11.054	259.822
30	2.047	254.584	11.054	265.638
31	2.048	260.536	11.054	271.590
32	2.049	266.628	11.054	277.682
33	2.050	272.861	11.054	283.915
34	2.051	279.241	11.054	290.295
35	2.052	285.770	11.054	296.824
36	2.053	292.451	11.054	303.505
37	2.054	299.289	11.054	310.343
38	2.055	306.286	11.054	317.340
39	2.056	313.447	11.054	324.501
40	2.057	320.775	11.054	331.829
41	2.058	328.275	11.054	339.329
42	2.059	335.950	11.054	347.004
43	2.060	343.805	11.054	354.859

Nota: destaca-se o ano 2037 em função dos 20 anos de vida útil mínima do aterro sanitário definido pelo PLANARES (2012).

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

### 1.6.5 Geração de Resíduos Sólidos a serem destinados ao Novo Aterro Sanitário

De acordo com o Termo de Referência para elaboração do Projeto Executivo, o estudo da geração de resíduos sólidos gerados no Município de Toledo seria realizado para 20 anos a partir de 2018, conforme determinado no PLANARES (2012), ou seja até 2037. Porém, tendo em vista que a área definida comporta um aterro sanitário com capacidade além dos vinte anos exigidos, será considerado um estudo até 2060, para o projeto de aterro sanitário.

A seguir, apresenta-se o estudo resumido da geração de resíduos sólidos, considerando-se a geração dos resíduos sólidos da população urbana estimada anteriormente, acrescido da população rural, conforme observado na Figura 15. Ressalta-se que o estudo detalhado da caracterização da geração de resíduos sólidos urbanos e rurais do município de Toledo pode ser consultado no **Anexo D** – Estudo de Caracterização de Resíduos, Tomo II.



Figura 15 – Geração de Resíduos no Município de Toledo em 2018 (população urbana e rural).

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

A Tabela 15 e Tabela 16, apresentam um resumo dessa redução proposta pelo PLANARES (2012).

Tabela 15 – Síntese da Geração de Resíduos – 2018/2037 (população urbana e rural).

Resíduos Sólidos	2018				2037			
	Quantidade	Redução PLANARES		Disposição Final	Quantidade	Redução PLANARES		Disposição Final
Orgânicos (t/ano)	13.708	38%	5.209	8.499	25.585	62%	15.863	9.722
Rejeitos (t/ano)	9.036	0	-	9.036	16.864	0	-	16.864
Recicláveis (t/ano)	8.200	49%	4.018	4.182	15.305	62%	9.489	5.816
<b>Totais (t/ano)</b>	<b>30.944</b>	<b>29%</b>	<b>9.227</b>	<b>21.717</b>	<b>57.754</b>	<b>41%</b>	<b>25.352</b>	<b>32.402</b>

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Tabela 16 – Síntese da Geração de Resíduos – 2038/2060 (população urbana e rural).

Resíduos Sólidos	2038				2060			
	Quantidade	Redução PLANARES		Disposição Final	Quantidade	Redução PLANARES		Disposição Final
Orgânicos (t/ano)	26.416	62%	16.378	10.038	52.502	70%	36.751	15.751
Rejeitos (t/ano)	17.412	0	-	17.412	34.606	0	-	34.606
Recicláveis (t/ano)	15.802	62%	9.797	6.005	31.406	70%	21.984	9.422
<b>Totais (t/ano)</b>	<b>59.631</b>	<b>41%</b>	<b>26.175</b>	<b>33.455</b>	<b>118.514</b>	<b>47%</b>	<b>58.736</b>	<b>59.778</b>

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

As Figura 16 e Figura 17, apresentam a situação para redução da geração dos resíduos de acordo com o PLANARES (2012).

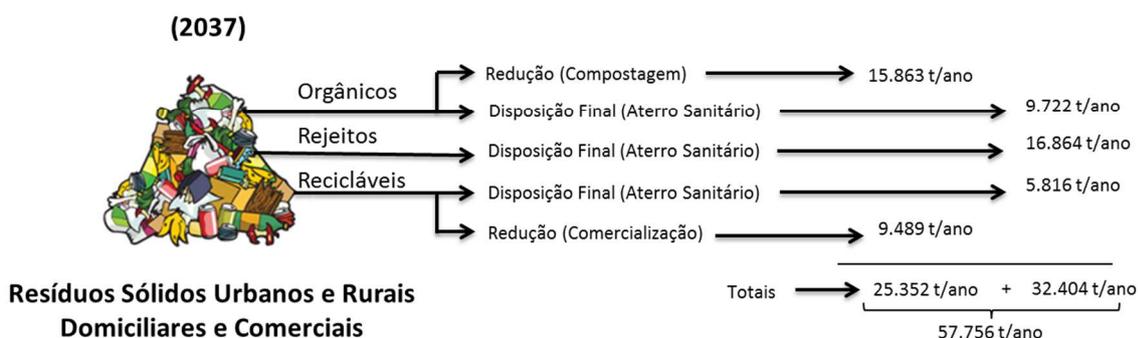
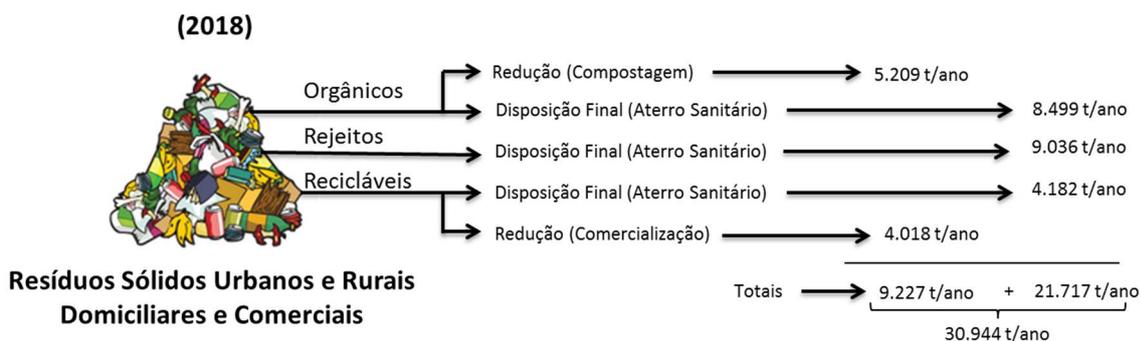


Figura 16 – Situação para redução da geração de resíduos em 20 anos de acordo com PLANARES (2012).  
Fonte: Habitat Ecológico (2017).

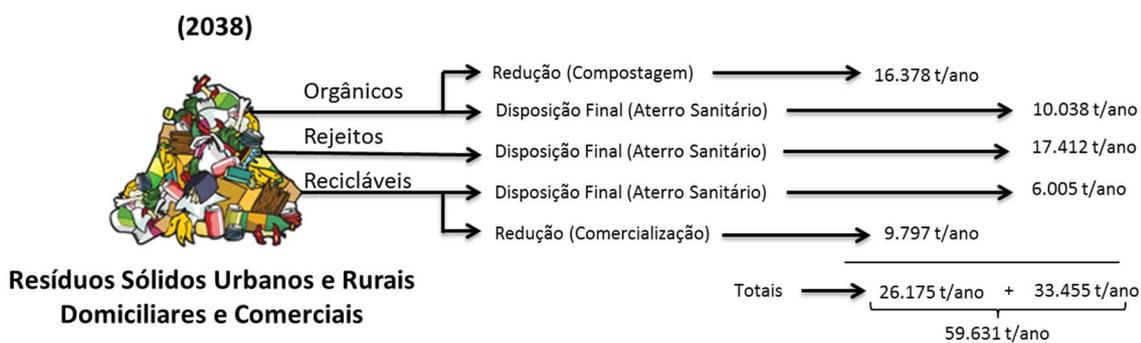


Figura 17 – Situação para redução da geração de resíduos a partir de 2038 até 2060.  
Fonte: Habitat Ecológico (2017).

### 1.7 CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DO LOCAL DE ESTUDO

As alterações provocadas na área reservada para o novo aterro sanitário, por retirada de volume de solo como material de empréstimo para cobertura do atual aterro sanitário, demandaram um novo levantamento topográfico altimétrico, realizado com uso de receptor GBSS Topcon Hiper V, de 226 canais para rastreamento das constelações GPS e GLONAS, conforme detalhado no **Anexo B – Levantamento Topográfico, Tomo II**.

A Figura 18 apresenta a imagem aérea da área em estudo utilizada como apoio para a realização do novo levantamento topográfico altimétrico.



**Figura 18 – Imagem aérea da área do novo Aterro Sanitário obtida via Drone adaptado.**

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Para a implantação do novo aterro sanitário foi realizado novo levantamento planialtimétrico (Figura 19) conforme detalhado anteriormente, possibilitando uma base mais consistente para elaboração do projeto de engenharia do mesmo.

Devido as características topográficas encontradas na área foi possível verificar as alterações da topografia original causadas no terreno, adotando-se medidas complementares para lançamento do projeto básico.

As curvas apresentam um caimento uniforme da cota 452 até a cota 440, e a partir delas verifica-se que houve retirada de material das laterais do terreno, formando desta maneira uma elevação na parte central. Estas alterações no terreno foram contornadas na elaboração do projeto básico, porém foi necessária a implantação de elevatórias para o encaminhamento do chorume à ETE.

Na parte superior da área do novo aterro sanitário (Sudoeste), da cota 453 a 441, a declividade de 8,10% possibilitou a utilização da área para a geração de material de cobertura e abertura de

espaço para a disposição de resíduos sólidos. Na parte central devido a formação da elevação, não foi possível o máximo aproveitamento da área, contornando-se o problema pela adoção de uma concepção alternativa.

A concepção do aterro foi elaborada de maneira a utilizar 85% da área disponível para a sua implantação, respeitando as restrições de licenciamento ambiental.

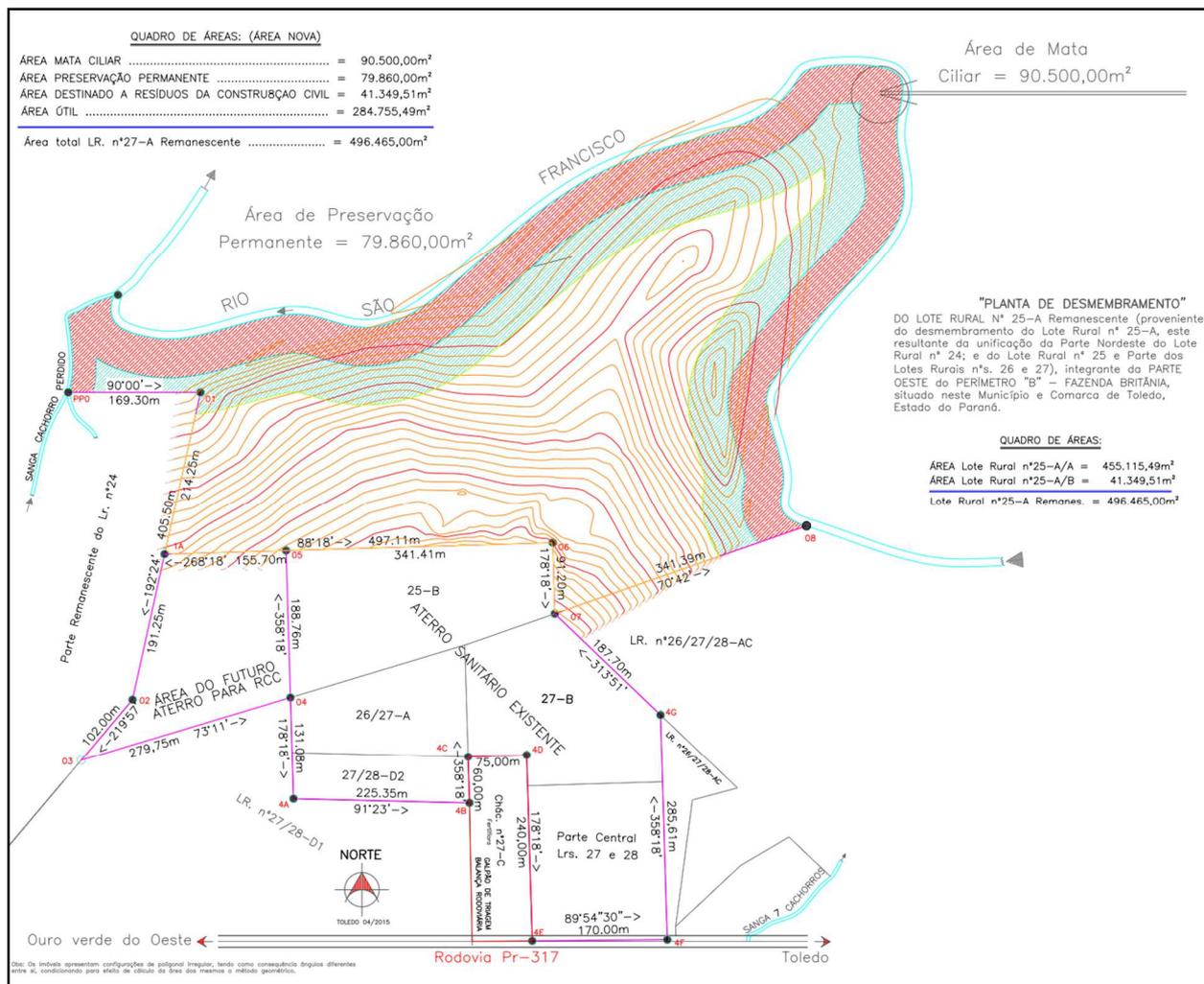


Figura 19 – Curvas de nível da área do novo Aterro Sanitário (sem escala).

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Para determinação da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo novo aterro sanitário, da Área de Influência Direta (AID) e da Área de Influência Indireta (AII), são normalmente utilizados referencias quando da elaboração de Estudos de Impacto Ambiental, e consequentemente do Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA, conforme segue:

- AID – Raio de 500 metros;
- AII – Raio de 1.000 a 4.000 metros;

No presente projeto, a influência do empreendimento sobre a região foi dividida em 3 áreas, Área Diretamente Afetada (ADA – área total do aterro sanitário), Área de Influência Direta (AID – 500 metros do centro do aterro sanitário) e Área de Influência Indireta (AII – 2.000 metros do centro do aterro sanitário), conforme apresentada na Figura 20, a seguir.

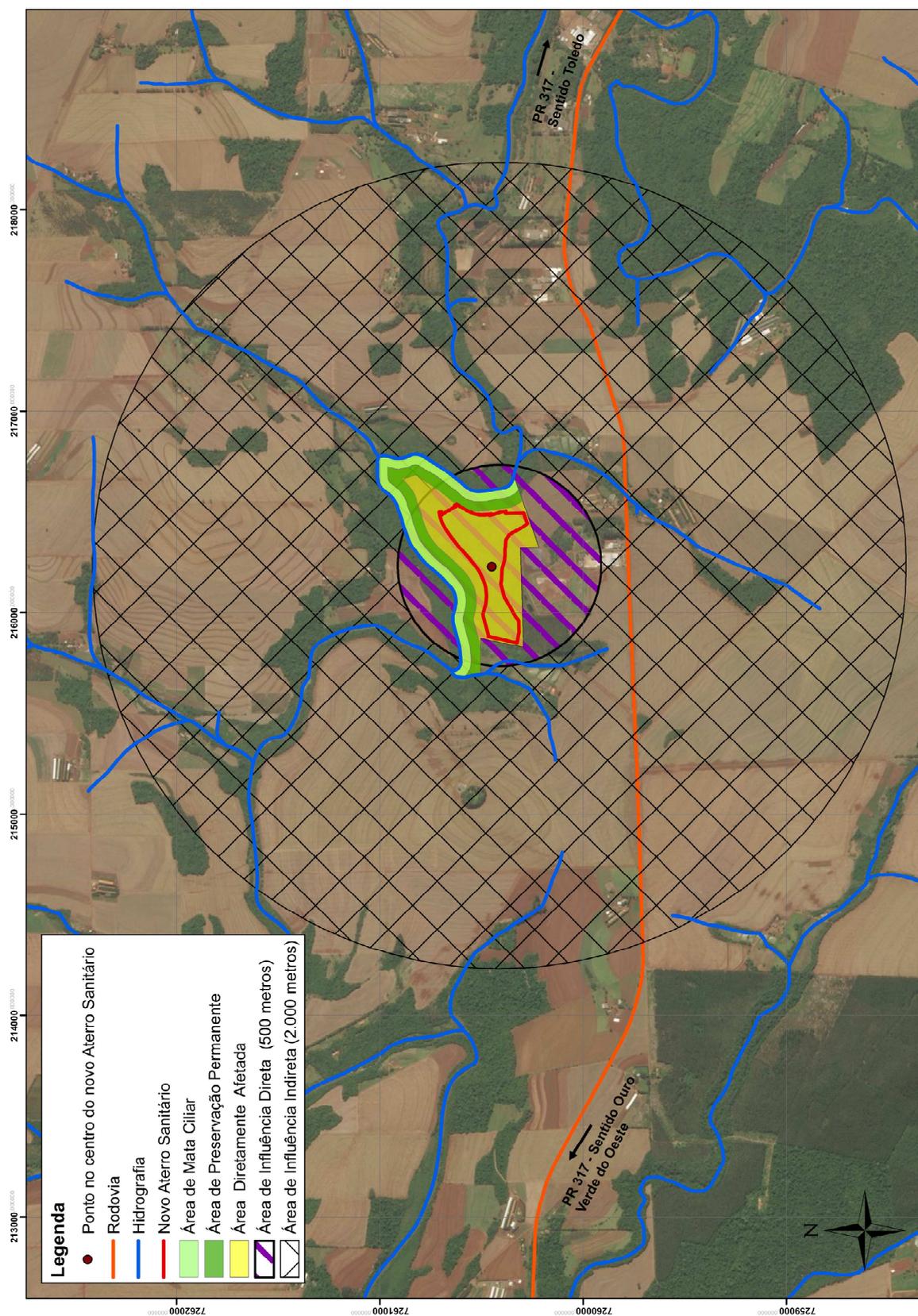


Figura 20 – Áreas de Influência (sem escala).

Fonte: Habitat Ecológico (2017).



A área do novo aterro sanitário municipal encontra-se em Zona para Área de Industrias Poluentes, favorecendo a viabilidade para execução do empreendimento de acordo com a Lei nº 2.233 de 2016, que dispõe sobre o Zoneamento do Uso e da Ocupação do Solo Urbano no Município de Toledo. Na Área de Influência Direta (500 metros), não existem equipamentos sociais ou moradias. Já na Área de Influência Indireta (2.000 metros), existem nove nascentes, algumas residências e pequenas indústrias instaladas, bem como a comunidade Nossa Senhora do Rocio, tendo uma Igreja como equipamento social. Na sequência, item 1.10, na Figura 25 apresenta-se detalhadamente a caracterização de uso e ocupação do solo atual, na escala 1:5000.

### 1.8 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA

Foram executados 6 furos de sondagem SPT (*STANDARD PENETRATION TEST*), 6 covas para os ensaios de percolação de água no solo e 2 pontos de coleta de solo para análise no laboratório (Determinação de compactação ótima, limite de liquidez, limite de plasticidade, granulometria por peneiramento, expansão do solo e Índice Suporte Califórnia).

Estas análises atendem as prescrições da ABNT NBR 8036/1983, sendo apresentadas no **Anexo F** – Parecer Geotécnico - Sondagens, Tomo II, bem como Laudo Técnico da Área do Novo Aterro Sanitário, realizado pela empresa Fundati Engenharia Geotécnica, de Cascavel/PR. Ao levar em consideração os aspectos físicos, bióticos e antrópicos, chegou-se à conclusão de que a “área é favorável/apta para construção do novo aterro sanitário, recomendando-se estudo específico para o dimensionamento do mesmo”.

Acrescenta-se que a sondagem rotativa não foi utilizada, uma vez que a mesma se aplica na sondagem de maciços rochosos. Esta investigação é utilizada para edifícios em que a fundação será apoiada diretamente sobre a rocha e para fundações de pontes, não se aplicando no presente estudo, tendo em vista que as sondagens SPT, não encontraram maciço rochoso.

Os métodos geofísicos são sondagens não invasivas, ou seja, são “disparadas” ondas eletromagnéticas contra o solo e coletados por interceptores em locais estratégicos. É possível, conforme o comportamento da onda, a caracterização geológica, localização de resíduos enterrados, dutos e galerias subterrâneas, sendo possível realizar a cubagem de aterros e detectar contaminação orgânica e inorgânica.

No caso da área referente ao novo Aterro Sanitário a ser implantado, a mesma é virgem e homogênea, sendo que em parte da mesma houve retirada superficial de material de empréstimo para cobertura do atual aterro em operação. Completa-se a informação que os líquidos percolados no novo Aterro Sanitário serão coletados, enviados para Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e em seguida recirculados ao mesmo, sendo desnecessária sua utilização, uma vez que não se busca a localização de resíduos enterrados, dutos e galerias subterrâneas.

A sondagem SPT, é o ensaio que o Termo de Referência solicita quando menciona a resistência do solo à penetração, e que foi realizado atendendo a ABNT NBR 6484/1997.

O Índice de Suporte Califórnia (ISC) é exatamente o ensaio CBR (*California Bearing Ratio*), consistindo na determinação da compactação ótima do solo em questão, seguindo os padrões estabelecidos pela ABNT NBR 9895/1987.





A ABNT NBR 12770/1992 refere-se à determinação da resistência à compressão confinada (ou simples) de corpos-de-prova de solos coesivos, mediante a aplicação de carga axial com controle de deformação. Isto se aplica a solos que não expulsam água durante a fase de carregamento do ensaio e que retêm uma resistência após o alívio das pressões confinantes em campo, tais como argilas ou solos cimentados saturados. A significação dos resultados é restrita. Assim, como o solo encontrado na área, nas 06 (seis) perfurações efetuadas não encontrou-se o correspondente nível de água, bem como a significação dos resultados restritos, não sendo determinadas as resistências à compressão confinada (ou simples).

Em complementação aos elementos investigados acrescenta-se a execução de 06 (seis) ensaios de infiltração.

### 1.9 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

Os dados a seguir apresentados referem-se ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA, 2005) e ao Relatório Ambiental Preliminar (RAP, 2016) realizados para a área em estudo; Instituto das Águas do Paraná (AGUASPARANÁ); Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O clima na região Oeste e Sudoeste do Paraná, segundo a classificação de Köppen enquadra-se no tipo Cfa - Clima Subtropical Úmido Mesotérmico com verões quentes, sem estação seca, média do mês mais quente superior a 22°C e média do mês mais frio, inferior a 18°C.

A temperatura média anual da região oeste, nas proximidades dos municípios de Cascavel, Campo Bonito e Guaraniaçu, estão na faixa dos 19° a 21°C.

Historicamente, os meses mais quentes vão de dezembro a fevereiro, quando as médias mensais encontram-se na faixa dos 26 a 28°C, sendo que, nesse período, as temperaturas decresce em direção ao Rio Paraná, em eventos extremos as temperaturas ultrapassam facilmente os 30°C.

Os meses mais frios vão de junho a agosto, quando as temperaturas médias variam de 15° a 17°C, seguindo o mesmo padrão de crescimento e decrescimento quanto aos deslocamentos nos sentidos sudeste e noroeste. Na ocorrência de geadas e em determinados horários as temperaturas mínimas giram próximas a 0°C.

O estado do Paraná, assim como todo Sul do Brasil, é privilegiado quanto às alturas pluviométricas médias mensais, bem como, quanto à distribuição espacial das chuvas, não havendo carências hídricas em um balanço de longo tempo.

Ressalta-se a escassez de dados disponíveis em relação a climatologia para o Município de Toledo, deste modo, para alguns elementos foram utilizados os dados disponíveis da estação ativa localizada na região mais próxima ao novo aterro sanitário municipal, conforme referências a seguir.

A Figura 21 apresenta o monitoramento realizado pelo Instituto das Águas do Paraná dos últimos cinco anos em relação aos dias de chuva de cada mês. Os dados apresentados são da estação de Nova Concórdia, por ser a estação ativa localizada mais próxima à área de implantação do novo Aterro Sanitário no Município de Toledo.





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná

Sistema de Informações Hidrológicas - SIH



## Dias de Chuva

Período: 2012 a 2017

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2012	4	7	5	9	4	9	4	1	4	12	6	8
2013	5	12	8	5	8	13	1	2	7	10	5	7
2014	7	11	8	8	6	11	3	1	11	4	8	9
2015	10	10	8	5	8	6	14	3	7	10	14	18
2016	14	15	5	3	10	6	4	10	4	10	4	10
2017	10	11	7	7	8	6	0	-	-	-	-	-
MÉDIA	8,3	11,0	6,8	6,2	7,3	8,5	4,3	3,4	6,6	9,2	7,4	10,4
MÍNIMA	4	7	5	3	4	6	0	1	4	4	4	7
MÁXIMA	14	15	8	9	10	13	14	10	11	12	14	18
D. PADRÃO	2,6	3,2	2,0	1,9	2,2	2,5	1,8	1,3	1,9	2,5	2,2	2,9

Figura 21 – Dias de chuva.

Fonte: AGUASPARANÁ (2017).

Utilizou-se também os dados da estação de Nova Concordia em relação a Precipitação Mensal. A Figura 22 apresenta a média mensal dos últimos cinco anos de monitoramento realizado pelo Instituto das Águas do Paraná.



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná

Sistema de Informações Hidrológicas - SIH



## Alturas mensais de precipitação (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2012	239,5	175,8	77,4	270,9	92,4	383,4	40,1	2,3	55,9	286,3	212,5	127,5
2013	182,5	322,8	172,4	94,1	379,0	373,6	19,1	23,8	107,6	144,9	207,1	146,7
2014	198,7	69,3	148,5	168,8	202,8	371,6	89,9	8,9	343,5	49,5	158,7	170,2
2015	139,0	165,7	157,8	144,2	245,6	68,4	432,5	64,3	133,0	164,4	336,1	491,0
2016	208,0	304,9	124,8	66,1	250,0	62,8	79,6	235,9	54,6	216,1	235,7	100,3
2017	131,5	143,1	158,9	247,7	140,9	67,9	0,0	-	-	-	-	-
Valores anuais												
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	183,2	196,9	140,0	165,3	218,5	221,3	110,2	67,0	138,9	172,2	230,0	207,1
MÍNIMA	131,5	69,3	77,4	66,1	92,4	62,8	0,0	2,3	54,6	49,5	158,7	100,3
MÁXIMA	239,5	322,8	172,4	270,9	379,0	383,4	432,5	235,9	343,5	286,3	336,1	491,0
D. PADRÃO	38,0	89,5	31,5	74,5	91,0	155,0	147,5	78,5	106,7	78,5	58,7	143,8

## Observações:

- \* Valor consistido
- Sem leitura

Figura 22 – Precipitação Mensal.

Fonte: AGUASPARANÁ (2017).

Segundo dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), a evapotranspiração média mensal na região onde está inserido o projeto das linhas de



transmissão varia de 0 a 120 mm/mês, sendo que, ao longo do ano os valores giram em torno dos 100mm/mês.

Os meses que historicamente apresentam as menores taxas de evapotranspiração são os meses de inverno, sendo os meses de maio a junho o que apresentam as menores médias históricas, com valores médios mensais na ordem de 0 a 60mm/mês. As maiores taxas de evapotranspiração ocorrem nos meses quentes, sendo os meses de dezembro e janeiro, os que apresentam valores médios próximos aos 120mm/mês.

Segundo informações obtidas junto ao INMET (2017), a umidade relativa média anual gira em torno dos 70%, não ocorrendo grandes variações ao longo do ano. Nos meses de fevereiro a junho as médias históricas são na faixa dos 70% a 80% e no restante do ano mantém-se em torno da média anual.

Segundo o INMET (2017), nessa região ocorrem em média de 2400 a 2700 horas anuais de insolação.

A nebulosidade média anual na região é de 5/10, sendo que, não sofre grandes variações ao longo do ano. Os valores históricos registrados pelo INMET para a região, apresentam variações médias mensais de 180 a 210 horas por mês. A nebulosidade é indicada em oitavos ou décimos de céu encoberto, devendo-se esclarecer qual das duas escalas está sendo usada, neste caso em particular usa-se em décimos. Nebulosidade de 5/10 (cinco décimos) ou 0,5 corresponde à metade da abóboda celeste encoberta. O valor zero indica que nenhuma nuvem foi detectada no momento da observação e 1 (10/10) representa a totalidade da abóboda encoberta.

Os ventos que predominam em média anualmente na região do novo aterro sanitário, conforme mapa do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), da estação de Cascavel, estão apresentados na Figura 23 a seguir. Foi definida a estação de Cascavel pela não existência de dados no município de Toledo e pela sua maior proximidade. Além disso, a estação de Palotina, na região, apresenta uma série de dados menor que a de Cascavel.

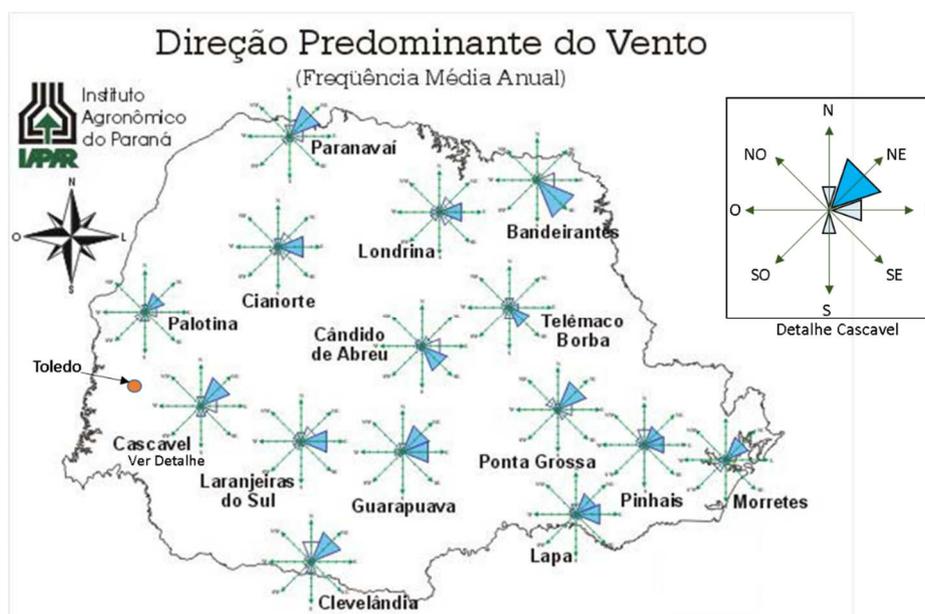


Figura 23 – Mapa da Direção Predominante do Vento no Estado do Paraná.

Fonte: IAPAR (2000).



As velocidades médias anuais resultantes desse deslocamento são na ordem de 5,5m/s a 6,5m/s, sendo fortemente influenciadas pelo relevo e pela rugosidade do terreno. Velocidades médias na ordem de 7,0m/s a 8,0m/s ocorrem nas regiões mais altas e em planaltos de baixa rugosidade (campos).

Na região do projeto, em média, o vento é predominantemente soprado na direção Nordeste, com as maiores intensidades registradas nos meses de junho e agosto, quando a média histórica está entre 6,5 m/s a 7,5m/s. As menores intensidades estão na faixa dos 4,5m/s aos 5,5m/s.

Em consulta realizada junto ao IAP (Instituto Ambiental do Paraná) de Curitiba no ano de 2017 e também via site do órgão ambiental do Estado do Paraná, verificou-se a não existência de monitoramento da qualidade do ar na região de Toledo.

Em relação as possíveis interferências climatológicas, a pluviosidade sobre a área do projeto do Novo Aterro Sanitário, destaca-se a vazão de chorume total estimada de 0,43 L/s, para final de projeto, caso aplicada sobre toda a área do Aterro Sanitário, de cerca de 114.000 m<sup>2</sup>, resultaria numa Taxa de Infiltração de 0,33 mm/d. Este valor é muito pequeno e não representaria dificuldade de adentrar a massa de lixo, mesmo em condições adversas de pluviosidade, sendo que os líquidos percolados (chorume) serão captados e enviados para tratamento, e então recirculados ao aterro. Quanto aos ventos predominantes na região, determinados pela estação meteorológica de Cascavel, os quais poderão eventualmente arrastar plásticos, papeis e outros materiais leves, ficam a cargo de um sistema operacional adequado mediante a cobertura dos resíduos depositados, ao final da jornada diária.

### **1.10 CARACTERIZAÇÃO E USO DA ÁGUA E SOLOS**

Segundo o Relatório Ambiental Preliminar (Toledo, 2016), o Município de Toledo encontra-se sobre o sistema aquífero Serra Geral. Este sistema é composto por derrames basálticos da formação Serra Geral (Cretáceo Inferior), e estando sobreposto ao Sistema Aquífero Guarani, na bacia do Paraná.

O sistema aquífero Serra Geral é predominantemente do tipo fraturado, sua área total de recarga é de 411.855 km<sup>2</sup>, e possui espessura média de 150 m alcançando espessuras máximas de 1500 m (ANA, 2005).

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLERH, 2010), as águas do aquífero Serra Geral não possuem misturas com águas de reservatórios subjacentes, e possuem excelente qualidade para o consumo humano. Outra característica importante é em relação ao baixo custo para captação de suas águas, uma vez que as principais entradas encontram-se em profundidades menores do que 200 m, e as vazões médias variam de 7,3 a 33 m<sup>3</sup>/h.

Em função de suas características geomorfológicas e hidrogeológicas, a unidade aquífera Serra Geral pode ser subdividida em Serra Geral Norte e Serra Geral Sul. A unidade Serra Geral Sul inclui a área da bacia do rio Iguaçu, enquanto a unidade Serra Geral Norte inclui as áreas das bacias dos rios Ivaí, Itararé, Piquiri, Paraná 3, Pirapó, Tibagi, Cinzas e Paranapanema 1, 2 e 3.

Como o Município de Toledo encontra-se na Bacia do Paraná 3, ele pertence à unidade aquífera Serra Geral Norte. Nesta unidade as principais recargas ocorrem através da precipitação pluvial,





principalmente em áreas com manto de alteração bem desenvolvido, relevo plano ou pouco acidentado e considerável cobertura vegetal (mata nativa).

Conforme o PLERH (2010), a Bacia do Paraná 3 apresenta uma produção média de 11 m<sup>3</sup>/h, e as entradas de água decrescem com o aumento da profundidade, sendo que cerca de 90% delas concentram-se na faixa entre 90 e 110 m. Além disso, de acordo com o Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3 elaborado em 2011 (PBH-BP3), as águas mostram uma tendência ácida (pH entre 5,5 e 6,5), e mineralização total inferior a 300 mg/L, o que indica que, em termos de qualidade, a água deste aquífero é considerada adequada para abastecimento humano e industrial.

Segundo o documento Disponibilidades e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2005), a vazão total disponível no aquífero Serra Geral é estimada em 746,3 m<sup>3</sup>/s. Com relação à vazão disponível no aquífero Serra Geral no Estado do Paraná, de acordo com o Atlas de Recursos Hídricos do Paraná (1998), o potencial hidrogeológico desse aquífero é de 4,2 L/s/km<sup>2</sup>. Levando em conta sua área de afloramento no Estado - aproximadamente 61095,33 km<sup>2</sup> - o potencial hidrogeológico total do aquífero Serra Geral Norte no Paraná é de 256,60 m<sup>3</sup>/s. Pelos critérios da ANA, considera-se que a vazão disponível é de 20% da reserva permanente, ou seja, a vazão disponibilizada pelo aquífero Serra Geral Norte no Estado do Paraná é de 51,32 m<sup>3</sup>/s.

Como toda a área de Toledo está sobre esta unidade aquífera, e seu território é de aproximadamente 1199 km<sup>2</sup>, sua reserva subterrânea permanente ou potencial hidrogeológico é de 5,04 m<sup>3</sup>/s e a vazão disponível para retirada é de 1,01 m<sup>3</sup>/s ou 3625,78 m<sup>3</sup>/h.

A Tabela 17, mostra o potencial hidrogeológico e a vazão disponível para captação em cada uma das sub-Bacias propostas para o Município de Toledo. Como as vazões são proporcionais às áreas das sub-Bacias, a maior disponibilidade hídrica subterrânea encontra-se na Sub-Bacia do Rio Guaçu, à medida que a menor se encontra na Sub-Bacia do rio Toledo. Destaca-se também a Sub-Bacia São Francisco, onde a área do projeto do Novo Aterro Sanitário está inclusa.

**Tabela 17 – Potencial hidrogeológico e vazões subterrâneas disponíveis para captação em cada uma das Sub-Bacias de gestão propostas para o Município de Toledo.**

Sub-Bacia de gestão	Área (km <sup>2</sup> )	Potencial hidrogeológico (m <sup>3</sup> /s)	Vazão disponível para captação (m <sup>3</sup> /s)	Vazão disponível para captação (m <sup>3</sup> /h)
Guaçu	499,00	2,10	0,42	1508,98
Marreco	200,31	0,84	0,17	605,74
Santa Quitéria	137,02	0,58	0,12	414,35
São Francisco	255,67	1,07	0,21	773,15
Toledo	106,45	0,45	0,09	321,90
Município de Toledo	1199,00	5,04	1,01	3625,78

Fonte: SMMA (2016).

De acordo com o Relatório Ambiental Preliminar (Toledo, 2016), em relação as demandas de recursos hídricos para o abastecimento da população do Município de Toledo, foi realizada para cada uma das cinco Sub-Bacias de gestão de recursos hídricos, segmentadas em área urbana e rural, considerando-se ainda, os setores censitários do Censo de 2010 do IBGE. As populações rurais e urbanas de cada uma das 5 sub-bacias de gestão são apresentadas na Tabela 18 a seguir. Destaca-se novamente, a Sub-Bacia São Francisco local do empreendimento.





Tabela 18 – Populações rurais e urbanas nas Sub-Bacias de gestão.

Sub-Bacia de gestão	População urbana (hab)	População rural (hab)	Total (hab)
São Francisco	10.751	2.333	13.084
Marreco	27.006	2.584	29.590
Santa Quitéria	0	490	490
Toledo	59.853	932	60.785
Guacu	10.178	5.186	15.364
<b>Total</b>	<b>107.788</b>	<b>11.525</b>	<b>119.313</b>

Fonte: SMMA (2016).

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (Toledo, 2010), o abastecimento público de água tem sido prestado de maneira satisfatória à população em todas as regiões urbanas do município, dentro dos padrões de qualidade e potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. No que se refere ao abastecimento das comunidades isoladas, tais localidades são abastecidas por sistemas próprios (poços, minas), sendo operadas diretamente pelas próprias comunidades, sem a intervenção da concessionária que opera atualmente o sistema urbano.

Ainda, segundo o PMSB (2010), o manancial utilizado para abastecimento de água é o Rio Toledo e 08 (oito) poços do aquífero Serra Geral. Ressalta-se que tais locais, encontram-se distantes da área em estudo.

Também, como já mencionado no item 1.4, o município possui o Plano Municipal de Recursos Hídricos de Toledo (PMRH), estabelecido pela Lei Municipal nº 2.243/2017, para auxiliar na gestão dos recursos hídricos.

O Relatório Ambiental Preliminar (Toledo, 2016) estimou as vazões características da sub-bacia do São Francisco, local do empreendimento. Foram calculadas as vazões médias, vazões médias mensais históricas e as vazões de referência Q95% e Q7,10. A sub-bacia de gestão de recursos hídricos do São Francisco, dentro do Município de Toledo, tem uma área de 255,67 km<sup>2</sup>. Para esta sub-bacia a vazão média histórica é de 7,05 m<sup>3</sup>/s. A vazão de referência Q95%, obtida a partir da curva de permanência é de 2,45 m<sup>3</sup>/s e a Q7,10 é de 1,17 m<sup>3</sup>/s.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná, o Rio São Francisco de acordo com a Portaria SUREHMA Nº 010/1991 é enquadrado como de Classe 2. O efluente do Aterro Sanitário (chorume) não deverá alterar a classe do Rio, para tanto dispõe de Estação de Tratamento do Efluente e possibilidade de recirculação do lixiviado bruto e do efluente tratado (consultar item 2.2.3).

Além do Rio São Francisco, a Sanga Cachorro Perdido e a Sanga Sete Cachorros, são os corpos hídricos mais próximos da área de implantação do empreendimento como pode se observar na Figura 25 a seguir.

Segundo informações obtidas junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, na área do Aterro Sanitário existente e em operação, possui 1 poço artesiano. Na comunidade vizinha Nossa Senhora do Rocio, também existe 1 poço artesiano comunitário para o atendimento de saneamento rural daquela localidade.

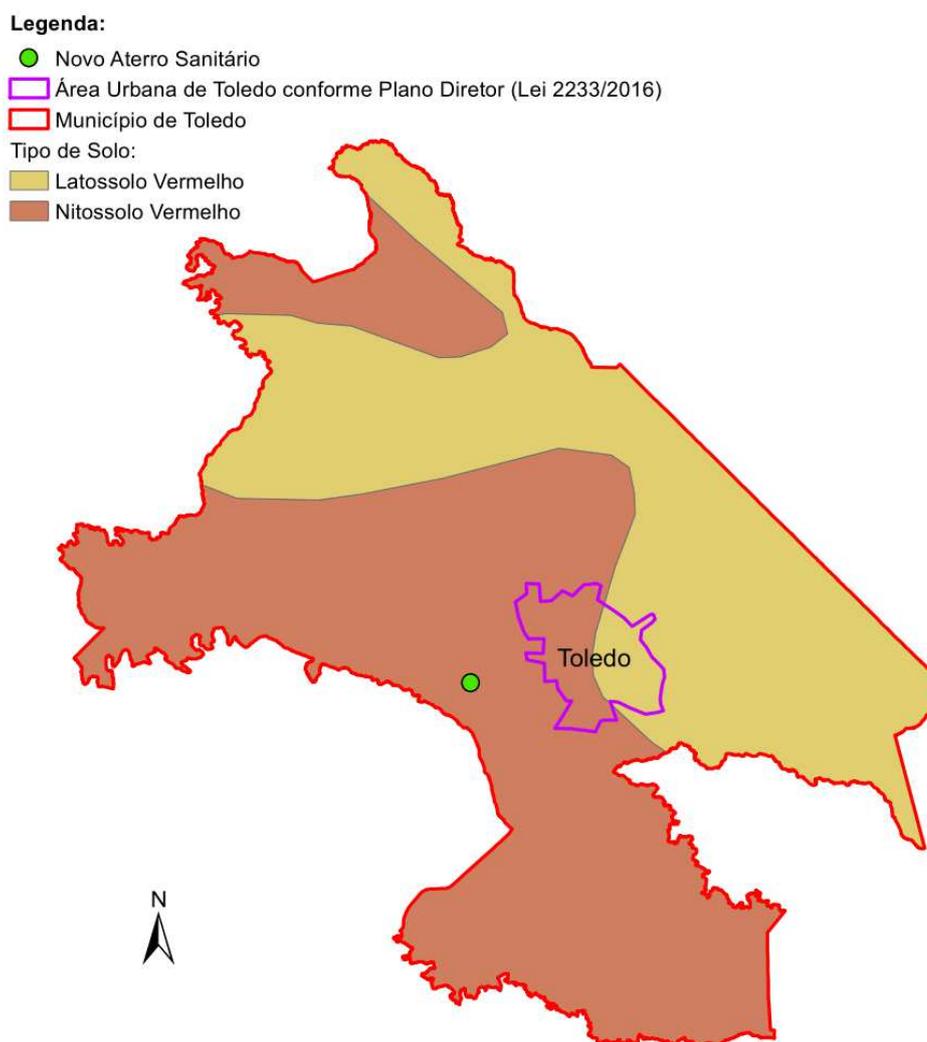
Na área onde será implantado o empreendimento não foram encontradas minas d'água emergentes, não possuindo áreas úmidas alagadas (banhados). Isto se comprova pelas sondagens efetuadas em 06 (seis) furos, os quais não atingiram o nível d'água (ver item 1.8).



As possíveis fontes poluidoras dos recursos hídricos na região do novo aterro sanitário municipal se restringem a lançamentos irregulares de efluentes e a contaminação por fertilizantes utilizados nas lavouras da região, que são transportados pelas chuvas e ventos até os corpos hídricos mais próximos. O projeto do novo aterro sanitário propõem o tratamento e a recirculação do líquido percolado. Ocasionalmente, poderá ocorrer o despejo do efluente tratado (conforme os padrões estabelecidos pelo órgão ambiental) no rio São Francisco.

A região Oeste do Estado do Paraná é conhecida pela alta produtividade agrícola. Um contribuinte para este fato, são os tipos de solos encontrados que possuem uma boa aptidão agrícola, favorecendo as culturas de milho, soja e trigo, predominantes na região.

A Figura 24 a seguir, apresenta os tipos de solos mais encontrados são na região do município de Toledo, sendo eles: Latossolos Vermelhos Distroféricos, Neossolos Litólicos Eutróficos e Nitossolos Vermelhos Eutroféricos.



**Figura 24 – Mapa de Solos do Estado do Paraná.**

Fonte: Embrapa Solos (2007).

Conforme apresenta-se na Figura 24, a área do novo aterro sanitário municipal localiza-se sob o Nitossolo Vermelho. O estudo referente as características geológicas do solo apresenta-se detalhadamente no **Anexo G – Cálculo do Maciço, Tomo II.**



Os Nitossolos Vermelhos, identificados no Mapa de Solos do Estado do Paraná, segundo Embrapa Solos (2007), são solos predominantemente argilosos e muito argilosos, estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, derivados de rochas básicas e ultrabásicas, com diferenciação de horizontes pouco notável. Corresponde ao que se denominava anteriormente de Terra Roxa Estruturada, de grande importância agrônômica. Apresentam alto risco de erosão devido aos relevos acidentados a que estes solos estão associados, que não é o caso da área em questão, uma vez que o relevo se apresenta com baixas declividades.

A seguir na Figura 25, representa-se o uso e ocupação do solo atual com identificação dos núcleos habitacionais, equipamentos urbanos e estruturas na região sob influência do empreendimento.



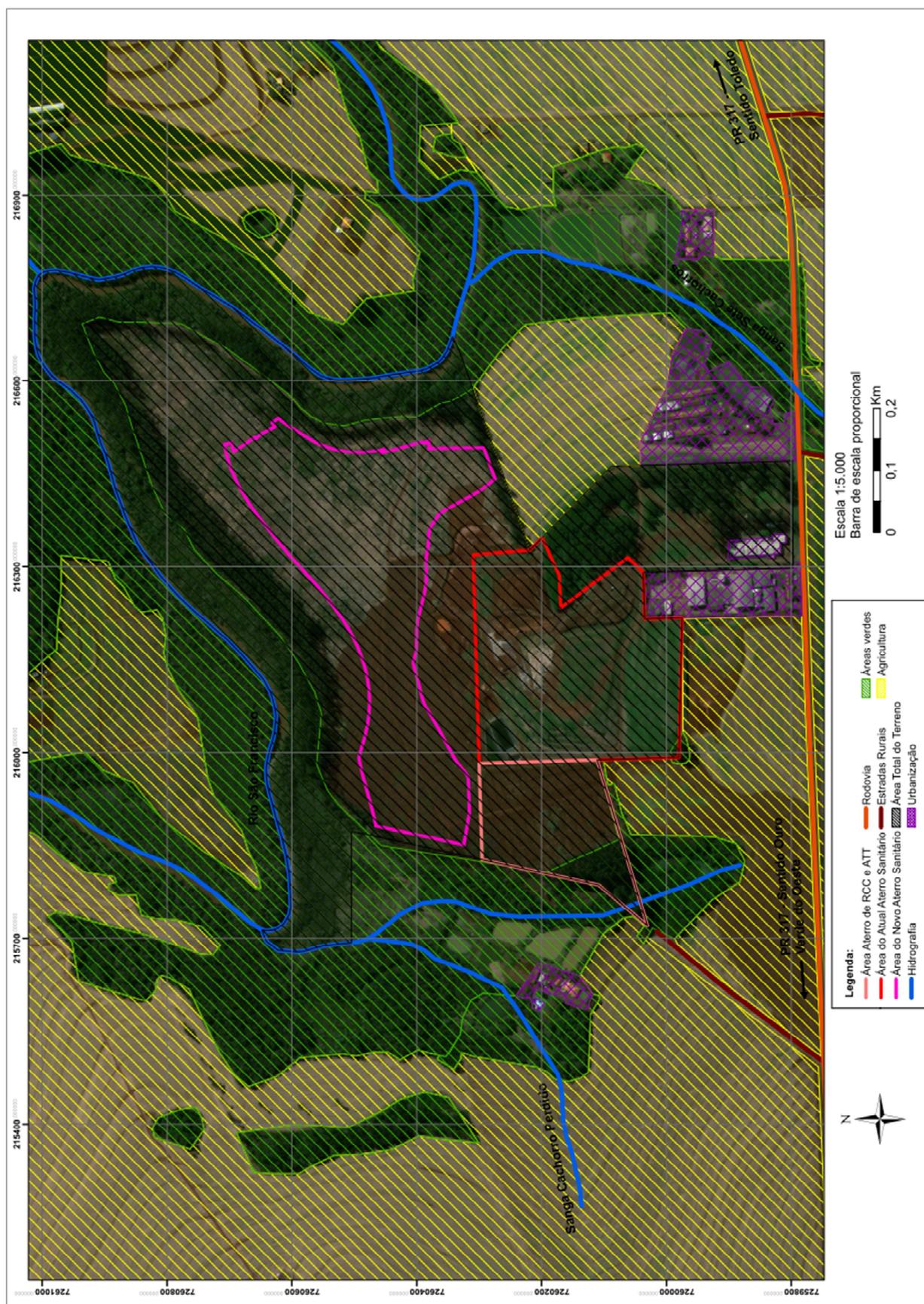


Figura 25 – Uso e Ocupação do solo do entorno da área do novo aterro sanitário municipal.  
Fonte: Habitat Ecológico (2017).



## 2. MEMORIAL TÉCNICO DO PROJETO

### 2.1 CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO

O projeto do novo aterro sanitário de Toledo foi estruturado de maneira a atender todos os requisitos referentes às questões de proteção ambiental do local a ser utilizado e ao termo de referência para elaboração do projeto executivo fornecido pelo município de Toledo, bem como uma avaliação criteriosa das condicionantes econômicas, sociais e ambientais. No processo de concepção foi levada em conta uma análise abrangente do local que se encontra na área do entorno do empreendimento e também todas os benefícios que poderão ser obtidos com sua implantação.

Buscando realizar um projeto com a finalidade de equacionar as questões ambientais, sociais e econômicas foi elaborado o projeto específico para destinação dos resíduos sólidos gerados no município de Toledo. Este projeto atenderá a demanda atual e futura dos resíduos sendo estruturado para garantir a destinação adequada dos mesmos, levando em consideração a minimização dos possíveis impactos ambientais que possam atingir a área do empreendimento, bem como todos os impactos dentro e fora da área de influência do mesmo.

Na busca da melhor alternativa da construção do empreendimento foram obedecidas as seguintes diretrizes de concepção e justificativa de projeto:

- Devido ao tamanho do município, o aterro sanitário foi projetado pelo método de camadas, buscando-se utilizar a área existente de maneira mais eficiente e atingir uma vida útil adequada ao porte do empreendimento;
- O aterro sanitário foi projetado para atender somente a geração de resíduos do município de Toledo, não será previsto a destinação de resíduos através de solução consorciada;
- O projeto foi realizado com a intenção de se destinar somente os resíduos sólidos domésticos gerados pela população do município, ou seja, não perigosos, não inertes, Classe II da ABNT;
- Outros tipos de resíduos deverão ser destinados adequadamente em outros empreendimentos específicos fora da área do novo aterro sanitário, tais como resíduos da construção civil, resíduos industriais e resíduos de serviços de saúde;
- O projeto ocupará o máximo possível da área útil existente com a finalidade de maximizar a vida útil com a minimização de buscas de novas áreas para a implantação futura de novos aterros;
- O aterro sanitário foi elaborado através de abertura de bases para a formação de células de trabalho (disposição de resíduos) de maneira que a quantidade de área necessária para uma determinada massa de resíduos apresentasse um custo de investimento inicial adequado;
- Na concepção estão previstas a abertura de 6 (seis) bases onde serão realizados todos os projetos necessários para a operação adequada do empreendimento;
- Inicialmente em cada base será feito o processo de terraplenagem com o intuito de preparação da mesma para a recepção dos resíduos em camadas;
- As bases ao serem abertas gerarão uma grande quantidade de material (solo), o qual terá como finalidade a utilização para a cobertura dos resíduos (material de cobertura) a





serem depositados. No projeto foi estimada a quantidade de material de cobertura necessária para a vida útil do empreendimento e o material escavado nas bases;

- As escavações realizadas para a abertura das bases de trabalho deverão ser executadas de acordo o projeto executivo do novo aterro sanitário e de acordo com as características topográficas do terreno, sendo realizada com maior ou menor profundidade em cada uma;
- Os cortes no terreno natural previstos no projeto, a inclinação dos taludes nas proporções de 1(V):1,5(H) e 1(V):2(H) buscam um fator de segurança alto e eficiente;
- Foram observadas todas as recomendações especificadas pelo estudo geológico e hidrogeológico da área descritos no relatório de sondagens e da análise de estabilidade dos taludes;
- As bases escavadas para a disposição dos resíduos foi considerada uma declividade igual ou superior a 2% no sentido longitudinal e também no sentido transversal;
- A impermeabilização da base do aterro foi projetada inicialmente com o alisamento da área após o processo de terraplenagem (utilização de máquinas específicas para este trabalho), com a finalidade de eliminar materiais que possam a vir causar danos na geomembrana. Na sequência, deverá ser implantada a geomembrana de PEAD de 2,00 mm de espessura ao longo de toda base e taludes existentes;
- O colchão drenante é composto de uma camada de 0,60 m de areia grossa. Este colchão drenante fará com que se tenha um melhor processo de drenagem e conseqüentemente uma melhoria no processo de compactação dos resíduos e uma maior estabilidade do maciço, ver detalhes nas Pranchas 008, 014, 020, 024, 029, 031, 038 e 043.
- Dentro do colchão drenante serão instalados drenos horizontais os quais serão compostos por uma seção de brita nº03 e tubulação perfurada, envoltos em um geotêxtil de 300 g/m<sup>2</sup>, de acordo as características especificadas na norma da ABNT NBR 10318/2013;
- Foram projetadas caixas de coleta para os líquidos percolados, as quais estarão interligadas com os drenos horizontais realizando o processo de passagem deste líquido antes de serem encaminhados para a estação de tratamento de efluentes;
- Foi projetado um sistema de drenagem vertical de gases, o qual estará espaçado em um raio de aproximadamente 30,0 m e totalmente interligados aos drenos horizontais;
- A construção do aterro será realizada em 06 (seis) etapas, serão realizadas terraplenagem em seis locais para disposição de resíduos, que denominaremos etapas de operação do aterro, das quais serão bem definidas no projeto executivo;
- Após o preenchimento da base com resíduos, onde se tem toda a proteção da impermeabilização com a geomembrana, deverão ser levantadas as camadas de resíduos sobrepostas com a finalidade de aproveitamento da área existente com uma maior vida útil do aterro sanitário, utilizando-se método rampa com camadas de resíduos sobrepostas;
- A utilização das bases deverá ser feita de forma sequencial iniciando na parte mais baixa do terreno e subindo gradativamente até a cota mais alta, conforme projeto executivo;





- A implantação de frentes de trabalho com as seguintes especificações: altura de 5,0 m, iniciando a formação da frente de trabalho com 4,0 m de largura e 4,0 m de comprimento, com cobertura diária de solo com uma espessura de 0,15 a 0,20 m, deverá ser obedecida na fase de operação do aterro;
- Foi projetado um sistema para captação e dissipação de águas pluviais em toda área do aterro sanitário. Este sistema foi estruturado com canaletas, valetas de proteção, estrutura para armazenamento e infiltração no solo, sistemas de colchão Reno, dissipadores, caixas de coleta, tubulações;
- Foi prevista a instalação de Piezômetros, placas para análise de estabilidade e todos os sistemas para o monitoramento de águas pluviais e subterrâneas, as quais deverão ser coordenadas por uma consultoria especializada na área de geologia e geotecnia durante a operação do aterro;
- Visando à diminuição da influência dos ventos na área do aterro sanitário, foi considerada a implantação de uma barreira vegetal com plantio de árvores nativas em parte do perímetro do aterro no entorno da área, não sendo necessário na área onde temos a área de preservação ambiental;
- Para a proteção contra entrada de animais, vetores e pessoas não autorizadas, todo o perímetro do aterro foi isolado com cerca de tela soldada com altura de 2,00m;
- Foi previsto o tratamento dos líquidos percolados (chorume) em ETE, tendo em vista as condições topográficas existentes na área;
- Em decorrência das condições topográficas da área global, foram previstas 03 (três) Estações Elevatórias para recalque do chorume, sendo as elevatórias 01 (um) e 02 (dois) farão o recalque dos líquidos percolados para a ETE e a elevatória 03 fará o recalque para caixa de coleta CC 14ª; e,
- Aproveitamento do biogás, após depuração, para produção de energia elétrica, tendo em vista o consumo de energia no empreendimento.

## 2.2 DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DE PROJETO

### 2.2.1 Sistema de Drenagem Superficial

A presença de água em excesso nos aterros sanitários, na sua fase construtiva, além de aumentar grandemente e de forma desnecessária a produção de chorume, ao escoar para dentro da área onde estão sendo dispostos os resíduos, prejudica o tráfego de veículos pesados e máquinas, tanto quanto as operações de compactação de solo e de resíduos, devido ao excesso de umidade. Também as estruturas do aterro podem sofrer sérios danos com erosão e deslizamento de taludes. O resultado final é o aumento de horas fora de operação, com elevação de custos e riscos ambientais potencializados, além de ser passível de multas pelo órgão ambiental do Estado.

As águas provenientes das chuvas são inevitáveis, podendo precipitar-se com grande energia nas imediações ou sobre a própria obra, especialmente durante o verão. Para prevenir os problemas





ambientais que podem causar estas águas é necessário implantar um sistema bem dimensionado de drenagem das águas pluviais.

Este sistema de drenagem tem como finalidade interceptar e desviar o escoamento superficial das águas pluviais, durante e após a vida útil do aterro, da massa de resíduos depositados, e descarregando-as a jusante com controle de seu poder erosivo, para facilitar as condições de operação do aterro e reduzir ao máximo a formação de líquidos percolados. Alguns drenos serão provisórios e outros permanentes, conforme o desenvolvimento dos trabalhos.

A drenagem provisória é utilizada durante a fase de operação do aterro, de maneira a oferecer condições de trabalho sob quaisquer condições climáticas.

As valetas de proteção deverão ser escavadas pela retroescavadeira, com forma trapezoidal sem revestimento. Estas valetas de proteção de drenagem deverão ser realizadas de acordo com o andamento do aterro sanitário. Estas valetas deverão estar interligadas com as estruturas de acumulação de água para o amortecimento e a infiltração no solo das mesmas (Ver Pranchas 037, 041 e 042 - detalhes de águas pluviais).

No topo do talude da camada final e na base dos taludes de todas as camadas, serão construídas linhas de drenagem para a captação das águas que escoam superficialmente. Estas valetas serão revestidas com meia-cana de concreto acompanhando a declividade natural do terreno no sentido longitudinal do aterro e de 0,5% no sentido transversal do mesmo, quando não houver alteração da cota da camada de resíduos. Estas canaletas apresentarão variação no seu diâmetro devido ao aumento da contribuição da água superficial ao longo do talude, obedecendo as especificações das canaletas tipo C1 e C2 (Ver Pranchas 008 a 035 e 037). Nos taludes do aterro serão utilizados colchão reno, ver detalhes pranchas para o escoamento das águas pluviais (Ver Pranchas 039 a 040). Foram previstos três tipos de descidas d'água tipo A, tipo B e tipo C, em decorrência ao número de camadas do Aterro Sanitário.

Na base das células tem-se canaletas meia-cana C1, de 0,40 m, e com as contribuições das células superiores tem-se as canaletas meia-cana C2, de 0,60 m, com descidas d'água tipo Colchão Reno, especialmente projetadas para dissipação energética, locadas ao longo de todos os taludes do aterro. Na base do aterro todo o líquido escoado será coletado por uma canaleta meia cana (C1), dependendo da vazão de água a ser drenada e enviada para a rede de coleta de águas pluviais e em seguida direcionada para os dispositivos de dissipação, com isto, promovendo a dissipação de energia destas águas, as quais serão então devolvidas para o terreno natural sem causar erosão.

Todas as águas precipitadas fora da área do aterro e que escoem em sua direção serão interceptadas e lançadas nas bacias de dissipação. Está previsto um sistema de drenagem das águas superficiais que escoem para a área do complexo do aterro sanitário, bem como das águas que se precipitam diretamente sobre as mesmas. Os elementos de drenagem superficial considerados no projeto são constituídos de canaletas de concreto, tubulações de concreto, canais e estruturas de dissipação de energia.

As águas pluviais provenientes da área do atual aterro serão direcionadas para a lagoa de retenção que será construída a montante do novo aterro, com a finalidade de realizar o amortecimento e dissipação de energia. Após a lagoa de amortecimento as águas pluviais serão encaminhadas para o Rio São Francisco. Não será necessário a solicitação de outorga para o





encaminhamento das águas pluviais para o rio, devido a dispensa pelo Instituto das Águas na Portaria Nº 46/2015.

No cálculo das estruturas utilizadas no aterro sanitário foram consideradas as diretrizes a seguir detalhadas.

Para a determinação do deflúvio superficial direto da bacia em estudo foi utilizado o Método Racional. Este método apresenta resultados bastante aceitáveis para o estudo de pequenas bacias (áreas com até 100 hectares), de conformação comum, tendo em vista a sua simplicidade de operação bem como inexistência de um método de melhor confiabilidade para situações desta natureza.

O Método Racional relaciona a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, etc.

$$Q = C * i * A$$

Onde:

Q – deflúvio superficial direto, em m<sup>3</sup>/s;

C – coeficiente de escoamento superficial (adotado C = 0,40);

i – intensidade média de chuva para a precipitação ocorrida durante o tempo de concentração da bacia em estudo, em milímetro por minuto; e,

A – área da bacia de contribuição, em hectares.

O tempo de concentração “tc” é o menor tempo de precipitação necessário para que toda a bacia hidrográfica contribua integralmente para uma determinada seção de controle. Fisicamente é representado pelo tempo de escoamento entre o ponto mais distante da bacia até a seção de controle considerada.

Para a determinação do tempo de concentração foi utilizada a seguinte fórmula:

$$tc = 57 * \left( \frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385}$$

Onde:

tc = tempo de concentração, min;

L = comprimento do talvegue, km; e,

H = desnível do talvegue entre o ponto mais distante e seção de controle considerada, m.

As vazões de projeto para o dimensionamento e verificações hidráulicas de estruturas e dispositivos de micro e macrodrenagem, no atual projeto seguiram a orientação abaixo:

Período de retorno igual a 20 anos (nível de confiança probabilística igual a 0,90 ou 90%) para o dimensionamento de estruturas e dispositivos hidráulicos de microdrenagem.

Para o dimensionamento hidráulico da canalização, foi empregada a equação de Chézy com coeficiente de Manning associada a equação da continuidade, representada pelas equações:

$$V = \frac{1}{n} * 0,397 * D^{2/3} * I^{0,5}$$

e

$$Q = \frac{1}{n} * S * Rh^{2/3} * I^{0,5}$$



Onde:

V = velocidade média do escoamento, m/s;

Rh = raio hidráulico, m;

I = declividade do canal, m/m;

N = coeficiente de rugosidade de Manning;

Q = vazão, m<sup>3</sup>/s; e,

S = área da seção molhada, m<sup>2</sup>.

Para o dimensionamento de bueiros de travessia foram empregados ábacos, ver figuras 26 e 27, que relacionam a sua capacidade em função de suas dimensões e altura de lâmina d'água a montante e jusante da estrutura considerada.

Estes ábacos estão disponíveis em publicações técnicas.

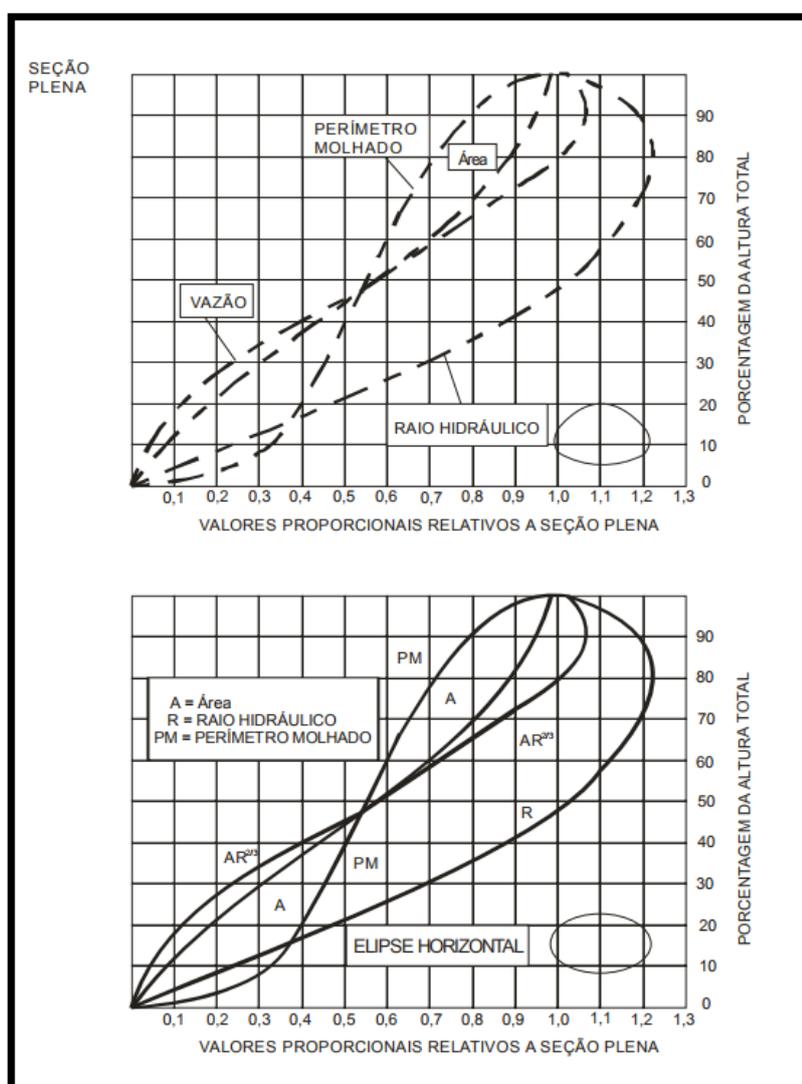


Figura 26 – Propriedades hidráulicas de estruturas lenticulares e elípticas

Fonte: Martin Borthwick (2016).



NATUREZA DAS PAREDES	COEFICIENTE DE MANNIG
Canais com revestimento de concreto	0,012 – 0,018
Canais de terra	0,017 – 0,025
Gabião	0,022 – 0,35
Tubo de Concreto	0,012 -0,016

**Figura 27 – Valores do coeficiente de Manning**

Fonte: Fonte: Porto (1998) e Cirilo et al. (2001)

### 2.2.2 Sistema de Drenagem e Remoção do Percolado

Os efluentes líquidos dos aterros sanitários, comumente denominados chorume, são formados pela percolação através da massa de resíduos, de águas pluviais não interceptadas e de líquidos gerados pela umidade própria dos resíduos dispostos. A drenagem subsuperficial, a ser encaixada na base do aterro, terá por finalidade a retirada destes líquidos evitando assim uma eventual poluição do aquífero, e o colapso das células de disposição de resíduos.

O sistema de drenagem proposto é formado por um colchão drenante, uma malha de drenos horizontais dispostos longitudinalmente e transversalmente ao aterro, em formato de espinha de peixe, inclusive nos pés dos taludes, e por caixas coletoras nos pés dos taludes e na base do aterro. Na base, após a implantação da geomembrana, deverá ser adicionado um colchão drenante composto de uma camada de areia grossa com espessura de 0,60 m.

No colchão drenante serão inseridos os drenos longitudinais, transversais e de talude. Os drenos serão escavados no colchão drenante envoltos em um Geotêxtil de 300 g/m<sup>2</sup> de acordo com as especificações estabelecidas na norma ABNT NBR 15224/2005 – Geotêxteis- Instalação em trincheiras drenantes, preenchidos com brita nº 03, envolvendo a tubulação corrugada perfurada de PEAD com diâmetro de 200 mm. Os drenos apresentam suas dimensões de acordo com a quantidade de líquidos percolados a serem coletados. Todos os drenos do aterro sanitário terão a seção transversal em forma de cogumelo tendo como dimensão - 40 x 40 cm e encaixada no colchão drenante e parte superior com um raio de 30 cm (ver Prancha 038).

O sistema de drenagem dos líquidos percolados deverá ser construído e implantado na base do aterro, e na base de todas as camadas, ou células. Os drenos horizontais longitudinais ao aterro acompanham a declividade estabelecida durante o processo de terraplenagem do aterro (declividade superior a 2%). Estes drenos desembocam nos drenos transversais e de gases. Os drenos horizontais transversais ao aterro deverão ser construídos em formato de espinha de peixe, acompanhando a inclinação dada ao terreno e nas camadas de resíduos sólidos. Os drenos horizontais serão interligados com os drenos de gases. No momento da construção dos drenos sobre as camadas de resíduos sólidos os mesmos apresentarão brita nº 03 somente na área de seção transversal de 0,40x0,40 m. Nos resíduos sólidos os drenos de talude (DT) terão uma declividade de 1% a 2%.

Todo percolado coletado pelos drenos será encaminhado para a base do aterro através dos drenos de gases, para ser coletado nas caixas coletoras de coleta de líquidos percolados (CC). Na





primeira etapa o chorume coletado nas caixas coletoras, é enviado por recalque através das elevatórias, seguindo para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

Devido as características topográficas da área do aterro foi necessário a implantação de elevatórias para o encaminhamento dos líquidos percolados para a ETE.

Para obter a vazão do percolado, utilizou-se o método do balanço hídrico, o qual representa os fenômenos físicos da percolação em um maciço homogêneo, constituído por um material poroso. O cálculo da vazão do percolado foi detalhado no Produto 1 – Plano de Trabalho, e também encontra-se no **Anexo E – Cálculo dos Líquidos Percolados (Chorume)**, Tomo II.

No aterro foram destinadas uma áreas para a estocagem dos materiais a serem utilizados para construções dos drenos de gás e de chorume (tubos, brita, geomembrana, telas e pedra rachão). Estes locais estão indicados nas pranchas do projeto executivo.

### 2.2.3 Sistema de Tratamento do Percolado (Chorume)

O Produto 1 – Plano de Trabalho em seu item 2.7.3 – Tratamento dos Efluentes - Concepção, apresentou estudo comparativo entre as diferentes possibilidades para o tratamento do percolado (chorume). Inicialmente pré dimensionou-se o Sistema de Lagoas (Lagoa Anaeróbia, Lagoa Facultativa e Lagoa de Polimento), de fácil operação, mas com demanda de muita área superficial. Concluiu-se que as áreas necessárias para implantação de lagoas não se encontram disponíveis no entorno do aterro sanitário, projetado para o maior tempo de vida útil possível, ultrapassando os 15 anos previstos no TR, bem como os 20 anos previstos pelas Lei Federal Nº 11.445/2007 e Nº 12.305/2010. Foi proposto então o Sistema de Lodos Ativados de Aeração Prolongada, um tratamento biológico compacto, que dispensa o emprego de Decantador Primário (notadamente quando tratando esgotos sanitários) e de Digestor de Lodo. A dispensa destas duas unidades, em relação do Sistema de Lodos Ativados Convencional, é considerada vantajosa na implantação e operação. Assim o fluxograma proposto conta com:

- Medidor Parshall;
- Tanque de Aeração – TA (Reator);
- Decantador Secundário;
- Desaguamento de lodo:
  - Adensador de lodo;
  - Leito de Secagem;
- Conjuntos Elevatórios:
  - Captações e Estações de bombeamento;
  - Aduções; e,
  - Recirculação de lodo.

O item 2.4.6 deste Produto 2 apresenta o dimensionamento do Sistema de Tratamento do Percolado (Chorume). Os projetos complementares estão apresentados no 2.4.7 – Projeto Estrutural em Concreto Armado e 2.4.8 – Projeto Elétrico e de Automação.





## 2.2.4 Impermeabilização Inferior e Superior

### 2.2.4.1 Impermeabilização do Solo

A disposição de resíduos sólidos no solo pode acarretar na poluição das águas subterrâneas e superficiais, sendo este o maior fator de risco a controlar.

Para dificultar a transposição destes líquidos para as camadas inferiores foram criados elementos que dificultem esta passagem. Estes elementos podem ser constituídos por meio da utilização de uma camada de terra argilosa com espessura adequada ao seu coeficiente de permeabilidade e/ou pela utilização de materiais sintéticos, tais como geomembranas.

A impermeabilização da base do aterro tem como principais funções:

- Garantir a máxima estabilidade do aterro;
- Reduzir o atrito e propiciar uma eficiente remoção dos líquidos percolados para fora da estrutura do aterro, de modo a encaminhá-los ao sistema de tratamento, no menor espaço de tempo, evitando a formação de gases em excesso e aumentando a estabilidade da estrutura.
- Para cálculo da área a impermeabilizar na base do aterro, considera-se como base do aterro toda a interface do resíduo sólido acumulado no solo com o terreno natural.

No presente projeto, face à grande área da base, e à necessidade de obter-se o material de cobertura na área do empreendimento, procurou-se escavar nas bases por questões de aproveitamento do material, bem como razões relacionadas à vida útil, estética de acabamento final, facilidade operacional e principalmente pelas características apresentadas pelo solo da região (Ver **Anexo F** – Parecer Geotécnico – Sondagens), Tomo II.

### 2.2.4.2 Impermeabilização da base do aterro

Em todas as bases do aterro foram realizados cortes em platôs no terreno original. Após a retirada deste solo foi definido o patamar como o greide do projeto, ao qual foi dada a declividade que atenda às necessidades do projeto.

Devido às características de permeabilidade moderada do solo existente no local, e seguindo as especificações solicitadas pelo órgão ambiental em suas diretrizes optou-se pela utilização de geomembrana no sistema de impermeabilização da base do aterro, buscando evitar qualquer infiltração de chorume no solo.

Depois de definição do greide do aterro sanitário deverá ser implantado uma barreira de material argilosos de 20cm com regularização e compactação do subleito até controle de Grau de Compactação (GC) > 95% do Proctor Normal (PN). O trabalho de compactação deverá ser realizado por uma empresa especializada a qual utilizará técnicas específicas para o controle e a obtenção da compactação desejada. Os equipamentos a serem utilizados poderão ser equipamento tipo pé de carneiro ou rolo liso, sendo realizados ensaios do solo compactado para verificar o grau de compactação atingido.

Previamente ao lançamento da geomembrana, a área deverá ser vistoriada visando a possível correção de irregularidades e a retirada de materiais pontiagudos. Deverá ser utilizada





geomembrana com a máxima largura possível disponível no mercado, no sentido de minimizar o número de emendas.

Na sequência deverá ser colocada a geomembrana de PEAD (polietileno de alta densidade), com espessura de 2,0 mm, selando toda a base, taludes laterais e dique de contenção.

O ancoramento da geomembrana será feito com a escavação de uma vala em todo perímetro da base, de 0,30mx0,30m e transpassando 0,70m no talude, com aplicação de material escavado para sustentar o ancoramento.

Para a proteção da geomembrana na base do aterro será colocada uma camada de 0,60m de areia grossa, com a finalidade de se criar uma barreira de proteção mecânica e auxiliar no processo de drenagem dos líquidos percolados. Através desta técnica garante-se a impermeabilização de toda a base do aterro, favorecendo a coleta e o envio de todo o chorume ali gerado diretamente para o sistema de tratamento.

Esta especificação tem por objetivo discorrer sobre procedimento, controle e materiais para a correta instalação das geomembranas de PEAD, com espessura de 2,0 mm, visando a segurança da instalação. Deverá atender as especificações citadas na norma ABNT NBR 16199/2013 Geomembranas termoplásticas — Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental, norma ABNT NBR 15352/2006 – Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização, e norma ABNT NBR 15856/2010 Geomembrana e produtos correlatos – Determinação das propriedades de tração.

Antes da colocação da geomembrana devem ser analisadas as recomendações e as exigências do fabricante em relação aos seguintes itens:

- Especificação da geomembrana, modulação dos painéis e sistema de ancoragem;
- Quantificação da geomembrana a ser instalada;
- Tubos, outras interferências e detalhes importantes;
- Condições do tempo para definição dos horários e turnos de trabalho.

A superfície revestida deverá estar lisa e livre de objetos pontiagudos, de pedras, de material orgânico, madeira e quaisquer outros que possam prejudicar o desempenho da geomembrana. As pedras com diâmetro maior que 9,5 mm não deverão ser permitidas nos últimos 15 cm do solo de apoio da geomembrana. Recomenda-se que a superfície de apoio da geomembrana seja revestida imediatamente após a sua preparação, para evitar a deterioração por chuva, vento, perda de umidade, tráfego local e radiação solar.

Para o recebimento da geomembrana, as bobinas deverão estar numeradas e identificadas, sendo que cada lote de bobinas recebidas deverá estar acompanhado do certificado de controle de qualidade de fabricação. O descarregamento deverá ser feito com equipamentos apropriados, e, logo em seguida, a inspeção visual deverá ser feita, verificando se o lado externo da bobina está livre de furos, rasgos e bolhas.

O armazenamento da geomembrana deverá atentar para que as bobinas sejam colocadas em cima de plataformas de madeira ou de colchão de areia. A superfície deverá ser plana e livre de pedras, materiais pontiagudos, lama e óleo.

É recomendável evitar o armazenamento das bobinas próximo a fontes de calor e agentes químicos. Deverá ser feito em local que minimize o transporte das bobinas dentro da obra. A



superfície a ser impermeabilizada deverá estar preparada imediatamente antes da colocação da geomembrana, de acordo com o projeto executivo da etapa de compactação.

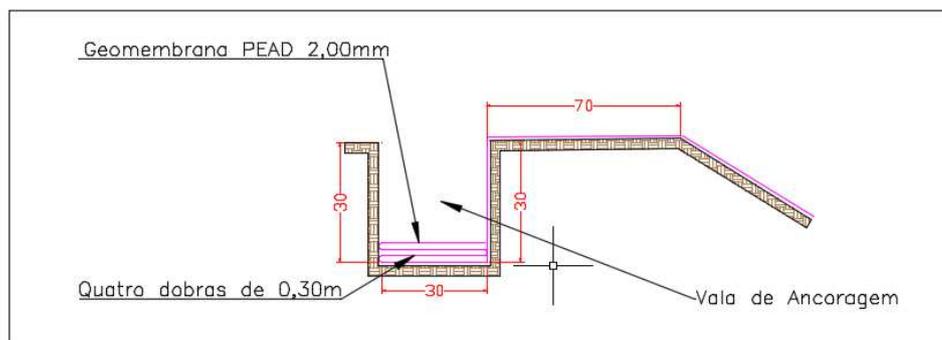
As valas de ancoragem deverão ser escavadas, com dimensão mínima de 0,40m x 0,40m, imediatamente antes da colocação da geomembrana, para evitar danos ocasionados pela chuva, ressecamento com trincas e abatimento das suas laterais. Deverão respeitar também as dimensões previstas em projeto e também às especificações técnicas. O reaterro das canaletas deverá ser executado cuidadosamente, para evitar danos à geomembrana. As interferências com tubos, caixas de entrada e saída e outras superfícies deverão ser executadas de acordo com os detalhes do projeto.

A geomembrana deverá ser colocada verticalmente, no sentido da inclinação do talude e de forma que fique com o mínimo possível de rugas. O ancoramento temporário deverá ser feito com sacos de areia, pneus ou outros elementos que não causem danos à geomembrana, para evitar o seu levantamento pelo vento. Em casos de ventos fortes ou quando se desejar uma boa conformação da geomembrana à superfície, antes da ancoragem, recomenda-se o carregamento, com sacos de areia ou similar, ao longo das bordas e cantos dos painéis.

A circulação de pessoas sobre a geomembrana é permitida, desde que com os devidos cuidados. Não é recomendável trânsito de veículos, mas se for inevitável o tráfego, deverá haver uma boa proteção mecânica de solo sobre a geomembrana, no mínimo 30cm, de forma que o veículo circule sobre a camada de proteção.

A união das geomembranas deverá ser feita por processo de soldagem, definido pelo fabricante. Esta soldagem deverá ser feita com o uso de máquina apropriada de maneira a garantir a perfeita transmissão de esforços e estanqueidade. As emendas deverão ser feitas no próprio local de instalação da geomembrana (Ver Prancha 37). Caso durante os serviços de instalação ou manuseio da geomembrana surjam rasgos ou furos na mesma, deverá ser colado sobre a parte danificada um pedaço de geomembrana (manchão), com dimensões que ultrapassem as bordas do rasgo/furo, em cerca de 30 cm para cada lado.

No processo de ancoragem da geomembrana deverá ser previsto uma folga de material com a possibilidade de fazer a emenda com uma nova geomembrana com a abertura de uma nova base. A vala de ancoragem tem dimensões de 0,40m x 0,40m e deverá ser deixado no mínimo 1,50m de geomembrana dobrada dentro da vala de ancoragem, de maneira a proteger a superfície limpa para que seja possível realizar a soldagem com uma nova geomembrana. Ver detalhe na figura 28.



**Figura 28 – Sistema de dobradura da Geomembrana para posterior fundição com nova Geomembrana.**

Fonte: Habitat Ecológico (2017).



As geomembranas deverão ser estocadas no canteiro dentro de sua embalagem original (geralmente bobinas embaladas com envelope plástico protetor). Deverá ser evitado, durante a instalação e manuseio, qualquer tipo de poluição de contato (lama, óleo, solventes, etc.), sob risco de perda de eficiência. Sempre que possível, a instalação deverá começar de um lado da fundação, desenrolando as bobinas até o lado oposto, numa mesma direção.

Deverão ser tomados cuidados especiais na área de instalação para evitar o acúmulo e formação de depósitos ou lâminas d'água e detritos prejudiciais ao comportamento da geomembrana. As propriedades físicas das geomembranas estão relacionadas na Tabela 19, juntamente com os respectivos métodos de ensaio para aferição destas características.

**Tabela 19 – Especificações das Geomembranas.**

Características	Método de Ensaio	Valores Especificados			
		1,00	1,50	2,00	2,50
Espessura (média mínima)	ASTM D 5199 (mm)	1,00	1,50	2,00	2,50
Densidade (mínimo)	ASTM 792 (g/cm <sup>3</sup> )	0,94	0,94	0,94	0,94
Resistência à tração no escoamento (média mínima)	ASTM D 6693 (kN/m)	15	22	29	37
Alongamento no escoamento (média mínima)	ASTM D 6693 (%)	12	12	12	12
Resistência à tração na ruptura (média mínima)	ASTM D 6693 (kN/m)	27	40	53	67
Alongamento na ruptura (média mínima)	ASTM D 6693 (%)	700	700	700	700
Resistência ao rasgo (média mínima)	ASTM D 1004 (N)	125	187	249	311
Resistência ao puncionamento	ASTM D 4833 (N)	320	480	640	800
Dispersão de negro de fumo	ASTM D5596 (categoria)	1 ou 2	1 ou 2	1 ou 2	1 ou 2
Teor de negro de fumo	ASTM D 4218 (%)	2 a 3	2 a 3	2 a 3	2 a 3
Tempo de oxidação (mínimo)	ASTM D 3895 (1 atm/200° C min)	100	100	100	100
Resistência ao tensofissuramento (NCTL)	ASTM D 5397 (h)	>300	>300	>300	>300

Fonte: Engepol (2017).

As especificações da tabela 19 atendem aos requisitos solicitados na norma ABNT NBR 16199/2013 Geomembranas termoplásticas — Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental e da norma ABNT NBR 15352 - Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização.

Não deverá ser utilizado geomembranas de PVC, devido a questões relativas a qualidade do material e também a solicitação dos órgãos ambientais.

A linha de geotêxtil para utilização na proteção dos drenos de líquidos percolados tem como norma técnica a norma ABNT NBR 12592/2003 – Identificação de geotêxteis para fornecimento. Na Tabela 20 estão relacionados as características físicas, hidráulicas e mecânicas:



Tabela 20 – Especificações do Geotêxtil

GEOFORT LINHA GH - 100% POLIÉSTER - COR CINZA												
Propriedades	Norma	Unidade	GH 8	GH 9	GH 10	GH 14	GH 16	GH 21	GH 26	GH 31		
<b>FÍSICAS</b>												
Espessura	ABNT NBR 12569	mm	1,2	1,3	1,4	1,8	2,1	2,5	2,7	3,10		
<b>MECÂNICAS</b>												
Resistência à Tração em Faixa Larga (transversal)	ABNT NBR ISO 10319	kN/m	8	9	10	14	16	21	26	31		
Alongamento na transversal		%	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50		
Resistência à Tração em Faixa Larga (longitudinal)	ABNT NBR ISO 10319	kN/m	8	9	10	14	16	21	26	31		
Alongamento na longitudinal		%	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50		
Resistência ao Rasgo Trapezoidal (transversal)	ASTM D 4533	N	220	250	280	390	450	550	650	760		
Resistência ao Rasgo Trapezoidal (longitudinal)	ASTM D 4533	N	240	270	310	430	500	650	680	820		
Resistência ao Puncionamento CBR	ABNT NBR 12236	kN	1,2	1,4	1,8	2,1	3,40	4,50	5,10	6,50		
Resistência ao Puncionamento Estático	ASTM D 4833	N	300	400	450	500	700	950	1000	1300		
<b>HIDRÁULICAS</b>												
Permissividade	ASTM D 4491	s <sup>-1</sup>	3,20	3,00	2,78	2,16	1,85	1,56	1,45	1,25		
Permeabilidade Normal	ASTM D 4491	cm/s	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39		
Abertura Aparente	ASTM D 4751	mm	0,24	0,23	0,22	0,20	0,18	0,15	0,13	0,12		
Abertura Filtração (O95)	AFNOR G 38017 (O95)	µm	150	140	130	120	110	80	70	60		
<b>BOBINAS</b>												
Comprimento		m	200	150	150	100	100	100	50	50		
Largura		m	2,30 e 4,60									
Matéria Prima		100% Poliéster										
Ponto de Fusão		260°C										

Observações: Os valores expressos representam uma média obtida em ensaios realizados em laboratórios independentes e tem caráter indicativo. Mediante consulta, a OBER pode produzir geotêxteis com características especiais e exclusivas. A identificação das bobinas é feita em conformidade com a ABNT NBR 10320.

A OBER S.A se reserva no direito de alterar os valores apresentados sem prévio aviso.

Fonte: OBER S.A. (s.d.)





### 2.2.5 Impermeabilização Superior

Previu-se no projeto a criação de uma área verde com a plantação de grama na superfície da camada final de resíduos quando do término da operação do aterro sanitário. Para tanto, o selamento deverá ser feito com uma camada de argila, compactada de 0,2 m de espessura, complementada por uma outra camada argila solta de 0,20m e mais uma camada de terra vegetal de 0,1 m de espessura.

Para evitar o empoçamento de água na superfície e aumento da geração de líquidos percolados, o que seria prejudicial para o desenvolvimento da vegetação, foram previstas canaletas seguindo a declividade das camadas de resíduos sólidos e imposta uma declividade lateral de 1,0 % no topo de maneira a conduzir toda água pluvial para estas canaletas. As águas assim coletadas, serão encaminhadas para o colchão Reno para a dissipação da energia e depois enviadas para o sistema de coleta de águas pluviais sendo dissipadas em dissipadores de energia do tipo bacias de dissipação.

### 2.2.6 Sistema de Drenagem de Gases

A composição do gás que emana dos aterros depende do tipo de degradação que está se processando no aterro. Na fase de degradação aeróbia, a composição do gás será essencialmente gás carbônico, oxigênio, nitrogênio e traços de vários outros gases. Os gases oriundos da degradação anaeróbia são essencialmente CO<sub>2</sub> (gás carbônico) e CH<sub>4</sub> (Metano), além de uma série de traços de outros gases, dentre os quais o H<sub>2</sub>S (gás sulfídrico), o qual, embora em pequena proporção, é o causador de mau cheiro e corrosão química dentre outros problemas.

A absoluta maioria dos gases, principalmente os preponderantes, são inócuos. Além disso, os aterros sanitários desenvolvem-se em grandes áreas, o que proporciona a rápida dissipação vertical desses gases. Contribui para esta dissipação, a baixa densidade dos gases dos aterros em relação ao ar. O gás emanado dos aterros não contém material particulado, o que poderia ser prejudicial ao meio ambiente.

A migração dos gases gerados no meio interno do aterro, para o meio externo é importante para a estabilidade das células evitando incêndios e até explosão. Estes gases caso venham a infiltrar-se no solo tendem a inibir o sistema radicular. A vegetação que se forma de maneira acelerada em aterros onde existe o controle de gases, demora anos para crescer em ambiente saturado de metano.

A drenagem dos gases que serão gerados será feita por caminhos preferenciais. Estes caminhos serão constituídos de drenos verticais que atravessarão o aterro sanitário ao longo de toda a sua espessura, colocados em diferentes pontos do aterro formando juntamente com os drenos horizontais uma malha de drenagem para a retirada e posterior queima ou reaproveitamento desses gases.

Além da drenagem dos gases, os drenos verticais têm como finalidade o encaminhamento dos líquidos percolados para a base do aterro e posterior encaminhamento para o sistema de tratamento.

No projeto, o sistema de drenagem será constituído com tubo perfurado em concreto DN 300 envolto com uma camada de pedra britada tipo rachão - granulometria 400mm a 250mm. O





confinamento da brita se dá por meio de uma tela tipo alambrado galvanizado (fio esp.  $\varnothing$  2,5mm e abertura de 150mm x 50mm) e georede com espessura de 5mm (Obtida da extrusão de dois conjuntos de tiras poliméricas que se cruzam a um ângulo constante para formar uma estrutura tridimensional em polietileno de alta densidade com canais uniformes). Na parte superior será instalado um queimador de gases construído em chapa metálica (chapéu) e tubo de ferro galvanizado  $\varnothing$  4".

Este sistema de drenagem de gases será caracterizado por drenos verticais adequadamente distribuídos na massa de resíduos, espaçados de 30,0 m, aproximadamente, um do outro (raio). Os drenos serão instalados desde o início do alteamento de resíduos, na base da primeira camada, sobre o sistema de impermeabilização, assentados em cima do dreno vertical. Cada dreno será prolongado à medida que a altura do alteamento de resíduos for avançando, ou seja, conforme o desenvolvimento das camadas, aumenta-se sua estrutura verticalmente.

Os drenos verticais de gases serão interligados ao sistema de drenagem de líquidos percolados da base, direcionando o fluxo ascendente de gases para fora do maciço e o fluxo descendente de líquidos percolados coletados nas camadas para os drenos de base da célula de aterro Classe II. Nas extremidades superiores, na saída dos drenos verticais, serão instalados sistemas de coleta e transporte dos gases, para posterior utilização para a geração de energia elétrica para o empreendimento.

Será implantado um sistema de reaproveitamento dos gases gerados durante a operação do aterro sanitário, gerando energia elétrica ou, para os flares (queimadores), para a sua queima e a diminuição do potencial poluidor. Todos os drenos verticais terão instalados cabeçotes de captação que estarão interligados a uma tubulação de PEAD, e encaminhados para o sistema de tratamento e reaproveitamento do gás metano como potencial energético.

Após a finalização da terceira camada da base 01 e 02, e implantação da base 03, será instalada e iniciada a operação do sistema de coleta de gases, quando as condições de geração dos mesmos para o reaproveitamento, tornar-se economicamente viável (Ver também no item 2.4.5).

### **2.2.7 Poços de Monitoramento**

O monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, no entorno do aterro sanitário, é muito importante e necessário para uma avaliação do potencial de contaminação, caso isto ocorra pela disposição de resíduos sólidos. Este monitoramento visa coletar dados, que permitam avaliar a influência de percolados sobre o meio ambiente. É um modo de confirmar os procedimentos adotados, ou indicar eventuais alterações necessárias, para que os indicadores de qualidade ambiental se mantenham dentro dos parâmetros legais.

Os aterros sanitários, mesmo corretamente operados, não se constituem em obras herméticas, pois geram necessariamente efluentes líquidos e gasosos. As ações de controle, embasadas e permanentemente retroalimentadas pelos dados obtidos no monitoramento, têm a função de minimizar e controlar os potenciais efeitos deletérios destes efluentes, mantendo-os sempre dentro de padrões aceitáveis.

O monitoramento da água subterrânea tem a finalidade de detectar possíveis alterações na qualidade da água, devido a infiltração de chorume e gases no subsolo. O projeto prevê a implantação de 7 (sete) poços de monitoramento e amostragem, sendo dois a jusante (PM – 1 e





2) e os demais a jusante do maciço (PM – 1 a 5) do aterro. É um método direto que permite a comparação da qualidade da água no lençol freático local, antes e depois da implantação do aterro. Estes poços deverão ser perfurados até a profundidade mínima de 2 (dois) metros abaixo do lençol freático comprovado. Caso não seja encontrado o nível, deverão ser executados a instalação até profundidade de 15,00m e realizado o acompanhamento da qualidade de água que venha a ser coletada pelo processo infiltração no terreno. Durante os períodos chuvosos deverá ser realizada com mais frequência para uma avaliação da qualidade da água nesta profundidade. Serão utilizados poços de filtro longo, com a finalidade de detectar a passagem da pluma de poluição eventualmente existente, segundo norma técnica ABNT NBR 13895/1997 e ABNT NBR 15495-1/2007.

Na perfuração dos poços de monitoramento podem ser utilizados vários métodos, sendo recomendados aqueles que não utilizam fluídos de perfuração, os quais podem influenciar na composição química da água de amostragem. Dentre os equipamentos destinados à perfuração dos poços cita-se: trado manual ou mecanizado, percussão com jato de água e rotativa diamantada. Quanto a sua construção e constituição, são apresentados detalhes na Prancha 038 do projeto.

Os poços de monitoramento terão uma profundidade de 15,00 m, devido ao baixo nível do lençol freático, apresentando um diâmetro de 6" e sendo construído de acordo com o detalhe especificado na Prancha 038. Este serviço deverá ser realizado somente por empresas especializadas para a execução e monitoramento dos mesmos.

Os poços de monitoramento serão instalados de acordo com a operação do aterro sanitário e será seguido o seguinte cronograma de instalação:

- Na implantação da base 01 serão instalados o PM01; PM05 E PM07;
- Na implantação da base 02 será instalado o PM02;
- Na implantação da base 03 será instalado o PM06;
- Na implantação da base 05 será instalado o PM04.

Os serviços de análise do lençol freático, e amostragem das águas superficiais e subterrâneas, deverão obedecer a Portaria IAP Nº 259/2017 e o que for estabelecido na licença ambiental. De acordo com a Portaria do IAP deverão ser realizadas análise básica e análises completas com periodicidades semestral e anual.

Para as análises das águas subterrâneas dever ser seguido o as instruções abaixo relacionadas:

Na análise básica, com frequência semestral, deverão ser analisados os seguintes itens: Nível da água; condutividade elétrica; turbidez; temperatura ambiente; temperatura do líquido; pH; sólidos totais; sólidos dissolvidos; coliformes termotolerantes; cloreto; sulfeto; fluoreto; sódio; sulfato (expresso em SO<sub>4</sub>), surfactantes e nitrito (expresso em N).

Na análise completa, com frequência anual, deverão ser analisados os seguintes itens: Alumínio; antimônio; arsênio; bário; boro; cádmio; chumbo; cobalto; cobre; cromo; ferro; manganês; mercúrio; molibdênio; níquel; nitrato expresso em N); prata; selênio; zinco; benzeno; cloreto de vinila; cresóis; estireno; etilbenzeno; fenol; tetracloreto de carbono; tolueno e xilenos.

Para as análises das águas superficiais deverão ser realizados análise semestrais e dever ser seguido o as instruções abaixo relacionadas:





- Análise de DBO; DQO; OD; pH; Toxicidade (Daphnia magna); fósforo total; temperatura e sólidos suspensos.

Além dos parâmetros acima citados o monitoramento deve ser realizado de maneira a que se faça a verificação dos seguintes itens:

- Acompanhamento das condições das estruturas de drenagem de água pluvial do aterro;
- Acompanhamento das condições do sistema de tratamento de líquidos percolados;
- Acompanhamento das condições dos acessos principais e secundários; e,
- Acompanhamento das condições do sistema de drenagem de líquidos percolados e de gases.

Ver detalhes no **Anexo H** – Controle Tecnológico - Qualidade das Superficiais e Águas Subterrâneas, Tomo II.

## 2.3 OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

### 2.3.1 Acessos e Isolamento da Área do Aterro Sanitário

#### Cerca

Em relação ao isolamento da área do aterro sanitário deverão ser implantados a forma e os dispositivos de segurança, para evitar a interferência de pessoas não autorizadas, bem como coibir possíveis efeitos da vizinhança e a entrada de animais.

No detalhamento, em projeto, da cerca de isolamento da área do aterro sanitário deverão ser consideradas as seguintes características mínimas:

- Postes de concreto armado com seção mínima de 12cmx12cm;
- Espaçamento máximo entre postes: 2,0m;
- Altura total dos postes: 2,70m;
- Engastamento dos postes: 0,70m;
- Tela soldada galvanizada malha # 5x10cm, com bitola do arame de 3,0mm;
- Viga baldrame entre postes, com seção mínima de 15cmx20cm; e,
- No mínimo 2 arames de aço galvanizado liso (15x17PG), longitudinais entre postes, em todo o perímetro da cerca, para amarração das telas soldadas.

Esta cerca foi implantada pela Secretaria de Meio Ambiente por meio de empresa contratada, e portanto não será necessária a inclusão na ordem de serviço para a implantação do aterro sanitário.

#### Vias de Acesso

Para a operação do aterro serão implantadas vias de acesso provisórias e/ou definitivas no interior do aterro. As vias de acesso interno serão necessárias para que os caminhões transportadores de resíduos transitem desde a estrada externa até a frente de trabalho. Portanto, apresentando-se como via de acesso principal e vias secundárias de acesso as bases do aterro. As vias de acesso serão executadas em plataformas com largura mínima de 8,0 metros para a via principal e de 6,0 metros para as secundárias, sendo revestidas com materiais, tais





como, brita, cascalho, saibro, rachão, rachãozinho, observando-se as medidas para garantir o seu uso, mesmo em dias de chuva torrencial, devendo ser considerada uma camada de revestimento graduado com espessura mínima de 20 cm. Nos acessos principais a declividade máxima será de 12%. Os acessos na base do aterro terão a declividade igual à executada na formação do terreno e a declividade imposta à base do aterro.

Serão implantadas canaletas de drenagem de águas pluviais nas laterais das vias de acesso, facilitando o escoamento das águas em dias de chuva, de maneira a não restringir o tráfego durante os períodos mais chuvosos.

As vias de acesso executadas na base do aterro terão a finalidade de proteger os drenos já preparados, utilizando como revestimento uma camada de saibro para livre movimentação dos caminhões. Os caminhões poderão chegar, mesmo em dias de chuva, até a frente de serviço.

No entorno da área do aterro sanitário (perímetro) que não está protegida pela Área de Preservação Permanente será instalada uma barreira vegetal composta por ipê e erva mate. O ipê será plantado na linha próxima da cerca que circundará o aterro sanitário e a erva mate estará de frente para o maciço (Ver prancha 044). Esta barreira vegetal tem como finalidade auxiliar no isolamento e na proteção dos ventos sobre o aterro sanitário e será utilizada uma distância de 03 metros, devido ao aterro sanitário estar localizado em uma área confrontante ao atual aterro sanitário e Área de Preservação Permanente, além de não estar próxima a locais com vizinhança. Essas mudas deverão ser plantas em covas 40x40x40 cm.

### **2.3.2 Preparo do Local de Disposição**

Em primeiro instante deverá ser feita a limpeza com a retirada da camada vegetal superficial da área para a implantação da primeira base do aterro e, em seguida, a preparação da camada de impermeabilização, drenagem do chorume e drenagem pluvial.

Nesta primeira etapa será selecionada uma área específica, ver dimensões nas pranchas do projeto executivo, para a estocagem do material escavado, que deverá ser colocada próxima a base implantada. Este material deverá ser recoberto com uma lona plástica de PVC impermeável com espessura de 300 micras e gramatura de 180 g/m<sup>2</sup>, e montado um sistema de drenagem de águas pluviais no seu entorno, de maneira a evitar o arraste do material.

A base do aterro terá uma declividade média de 2,0%, conforme já citado anteriormente, e os taludes a serem formados terão as declividades máximas de 1:1,5 (horizontal: vertical).

Ao longo da base será implantado o acesso com revestimento de saibro sobre o colchão drenante, de maneira que o trânsito sobre a base não venha afetar nenhuma das estruturas já construídas. No início da base deverá ser estabelecido um local para depósito dos resíduos em caso emergencial, o qual sempre ficará localizado próximo após o acesso dos caminhões as bases e camadas de resíduos.

### **2.3.3 Transporte e Disposição Final dos Resíduos Sólidos**

Para o acesso a área do novo aterro sanitário será utilizada a portaria do aterro sanitário existente, com a finalidade de controlar todo o fluxo de materiais que estarão sendo





encaminhados para o aterramento. O controle qualitativo deverá ser realizado para avaliar se as características dos resíduos estão de acordo com as especificações adotadas para a elaboração do projeto. O aterro está dimensionado para receber exclusivamente os resíduos domiciliares, comerciais, públicos – Classe II.

Através da cabine de pesagem será realizado o controle de forma qualitativa e quantitativa de resíduos que estarão sendo destinados para o aterro sanitário. Será utilizada a balança rodoviária, do aterro sanitário atual, de 30 toneladas, com a finalidade de pesar e registrar as cargas transportadas pelos caminhões compactadores e outros tipos de equipamentos para o transporte de resíduos do município de Toledo, tanto na entrada quanto na saída. A atual balança deverá passar por um processo de revisão geral para a correta pesagem dos resíduos.

Com a pesagem, será possível controlar a massa de resíduos a ser depositada no aterro e fazer um controle quantitativo para a avaliação da vida útil remanescente do aterro sanitário.

O aterro poderá receber os resíduos sólidos das 06:00 horas até as 24:00 horas, sendo este período necessário para atender a demanda estabelecida pelo município de Toledo, ou ainda em outro horário pré determinado pela administração municipal.

Nos horários de pico ou problemas operacionais para acessar a frente de trabalho para a disposição dos resíduos, os caminhões deverão estacionar na via de acesso e aguardar a liberação para o descarregamento. Todo o tráfego deverá ser orientado pelos funcionários do aterro sanitário.

Os resíduos sólidos serão transportados em caminhões coletores compactadores os quais realizarão a coleta dos resíduos gerados no município, seguindo as diretrizes estabelecidas no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS (2012).

A quantidade de resíduos sólidos estimada no início de operação do aterro sanitário é de aproximadamente de 84,79 ton./dia com uma previsão populacional de 141.298 hab. no ano de 2018. Considerando o peso específico dos resíduos de 250 kg/m<sup>3</sup>, tem-se um volume de 339,12 m<sup>3</sup>/dia de resíduos. No momento de operação, deverá ser utilizado um rolo compactador tipo Tamping o qual fará com que os resíduos domiciliares venham a ocupar um volume no maciço de 85,00 m<sup>3</sup>/dia.

Todos caminhões compactadores terão acesso à frente de serviço, mesmo em épocas mais chuvosas, onde serão descarregados os resíduos transportados. Durante o processo de operação deverão ser avaliadas áreas de emergência, já citado acima, para a disposição temporária dos resíduos, caso não haja a possibilidade de se chegar à frente de serviço. Essas áreas de emergência deverão estar situadas em local onde se tenha impermeabilização do solo, garantindo toda a segurança contra possíveis danos ambientais que poderiam ser causados.

O preenchimento das bases se fará da parte superior para a parte inferior, fazendo com que todo trabalho operacional seja realizado na parte mais seca possível. Todo processo operacional será detalhado no manual de operação a ser inserido na sequência do trabalho. As pranchas 006 à 035, foram desenhados mostrando todo o processo de preenchimento de cada uma das bases até a finalização da sexta.

As camadas terão uma altura de 05 metros e haverá uma variação na largura e profundidade de acordo com a quantidade de resíduos sólidos a serem dispostos. Na operação inicial deverá ser trabalhado com uma frente mínima de 04 metros e uma profundidade de 04 metros. A largura e





profundidade das frentes de serviços podem sofrer alterações, porém a altura e o grau de compactação devem ser atingidos de maneira a garantir que a estabilidade do aterro seja atingida.

As camadas de resíduos sólidos após o encerramento da frente de trabalho terão uma altura de 05 metros, a qual deverá ser verificada através de levantamento topográfico, de maneira a garantir o proposto na concepção do projeto do aterro.

Após a finalização da frente de serviço, a compactação do resíduo sólido deverá ser prevista um recobrimento utilizando o solo escavado nas bases. A camada de cobertura terá uma espessura de 0,20 m, podendo sofrer alguma variação durante o processo operacional.

Na formação da célula na frente de serviços na formação da camada, deverá ser previsto um talude de 1V:2H. Esta configuração dará uma maior estabilidade ao maciço, sendo que a compactação mínima esperada será de 01 ton/m<sup>3</sup>.

Na operação do aterro foram considerados necessários os seguintes equipamentos, em caráter permanente e/ou eventual:

#### Trator de Esteiras (permanente)

Este equipamento terá por finalidade o manuseio e a compactação dos resíduos, além do corte e espalhamento de solo e a cobertura, adotando-se um adicional de 30% para serviços diversos (melhoria de acessos, desentulha de caminhões, arraste de materiais e outros serviços). Este trator servirá como equipamento complementar de compactação do rolo compactador tipo Tamping.

#### Rolo compactador tipo Tampig (permanente)

Este equipamento tem por finalidade aumentar o grau de compactação dos resíduos destinados ao aterro sanitário. Em conjunto com o trator esteira poderemos atingir um grau de compactação igual ou superior a 1,00 ton/m<sup>3</sup>. Equipamento já adquirido pela Prefeitura Municipal de Toledo.

Este equipamento é específico para utilização em serviços em aterros sanitários e apresenta um baixo custo de manutenção.

#### Retroescavadeira (eventual)

Terá como principal função a abertura de drenos de águas pluviais e líquidos percolados. Será necessário locar uma retroescavadeira no aterro, com potência mínima de 75 HP, estando disponível em intervalos de tempos regulares. Estima-se sua necessidade em 40 h/mês, aproximadamente.

A retroescavadeira pode ser utilizada como apoio para auxiliar a montagem de drenos verticais e também auxiliar na construção do sistema de drenagem horizontal na camadas de resíduos sólidos.

#### Caminhão Basculante (permanente)

Terá como função principal o transporte de solo e materiais tais como rachão, brita, para a frente de operação do aterro. Na operação do aterro, a demanda dos serviços deverá instruir o planejamento de sua permanência na frente de serviços, de modo a otimizar as necessidades e os custos operacionais.





### Caminhão Pipa (eventual)

O caminhão pipa, com dispositivo espargidor, terá como finalidade umedecer os acessos para evitar poeiras, molhar o solo para melhorar o grau de compactação e auxiliar na lavagem dos equipamentos em uso no aterro sanitário. Poderá assumir outras tarefas na limpeza pública municipal, tais como lavagem regular de vias e logradouros, feiras livres, etc.

Durante o processo de operação do aterro sanitário sugerem-se algumas diretrizes básicas com a finalidade de obter-se um grau eficiente de compactação dos resíduos e utilização eficaz da área do empreendimento (**Tomo IX** – Manual de operação).

### **2.3.4 Empréstimo de Material para a Cobertura**

Durante a operação do aterro sanitário deverá ser realizada uma cobertura diária da camada de resíduos sólidos, com a finalidade de minimizar a geração de líquidos percolado, geração de odores e de emissões de materiais gasosos para a atmosfera, bem como para afastar a presença de aves, roedores e outros animais.

Na instalação da jazida de solo a ser utilizada como material de cobertura, buscou-se disponibilizar ao máximo, a oferta de material dentro da própria área do aterro. As escavações indicadas para atingir o greide de projeto, nas obras de terraplanagem da base do aterro sanitário deverão produzir 291.213,89 m<sup>3</sup> de material de cobertura em todas as fases de construção do aterro. A quantidade de material necessário para cobertura, aterramento e retaludamento durante toda a vida útil do aterro será de 249.422,75 m<sup>3</sup>. Considerando um grau de empolamento de 25%. Não será necessário utilizar locais alternativos para material de empréstimo, pois a área possui a quantidade necessária. Todo o volume de solo a ser utilizado para a cobertura dos resíduos será originário da escavação das bases para a implantação do aterro sanitário. A jazida de solo da área do novo Aterro Sanitário deve ser utilizada exclusivamente para recobrimento dos resíduos, não devendo ser utilizado este solo para outras obras/serviços externos ao mesmo, para não prejudicar a quantidade efetiva de solo a ser utilizado para recobrimento no próprio aterro.

Nas planilhas de cálculo da vida útil do aterro sanitário, apresentado no item 2.4.1, pode-se visualizar a quantidade de material de cobertura a ser utilizada diariamente e mensalmente durante a operação, bem como a quantidade de material de cobertura a ser utilizada durante toda a vida útil do aterro sanitário. No levantamento efetuado pode-se verificar que o material a ser disponibilizado pelo processo de terraplanagem será suficiente para cobrir a demanda sem a necessidade de busca de outras jazidas.

Caso haja necessidade de uma quantidade maior de material de cobertura, poderão ser agregados os resíduos de origem vegetal, tais como galhos, grama, folhas, coletados no município. Estes materiais deverão ser triturados no Pré-Triturador da Marca Bruno Industrial, Modelo: PTBH 1350 x 1800, adquirido pela Prefeitura do Município de Toledo, e utilizados como material de cobertura dos resíduos sólidos.

O aterro sanitário será construído em 6 etapas, com abertura de 06 bases onde serão gerados o material de cobertura a ser utilizado durante toda a vida útil do empreendimento. Todo material retirado no processo de terraplanagem de cada base será armazenado em local próximo da base para seu uso no início da operação do aterro (Ver pranchas 006 à 035). Este material ficará





disposto em um local com sistema de drenagem de águas pluviais e com uma cobertura de lona plástica, já descrita anteriormente, para evitar seu carreamento pelas águas e excesso de umidade, o que prejudicaria sua capacidade de compactação e uso como material de cobertura. O mesmo cuidado deve ser seguido para a preservação do solo vegetal, que deve igualmente ser estocado para ser utilizado na recomposição paisagística e preservação dos taludes já formados.

### 2.3.5 Controle Tecnológico

#### 2.3.5.1 Recursos Naturais (Águas Superficiais e Subterrâneas)

O Programa de Controle de qualidade das águas superficiais e das águas subterrâneas foi elaborado considerando-se a sua execução em três fases distintas:

- FASE 1 - Anterior às obras de implantação do empreendimento, com dois meses de duração visando determinar as condições prévias existentes no rio e águas subterrâneas (“background”);
- FASE 2 - Durante a realização das obras (estimadas em 06 meses), com vistas a observar as alterações decorrentes das obras, e até o seu término;
- FASE 3 – Durante a operação do empreendimento.

Para estas fases, foram percebidas necessidades diferentes de frequência para o monitoramento da qualidade das águas.

No caso da contratação de Laboratório para execução do plano, deverão constar no termo de referência para sua contratação os seguintes tópicos:

- Objetivos do Programa;
- Locais de Amostragem;
- Parâmetros Analisados;
- Frequência de Monitoramento e Extensão do Programa;
- Produtos; e,
- Cronograma.

Sendo necessário que o laboratório deverá ser credenciado pelo INMETRO, para garantir a confiabilidade dos resultados dos ensaios.

#### Atividades / Ações Para Implantação do Programa

##### Situação Atual

Para implantação do programa e, portanto, seleção dos locais de amostragem, foi esboçada a situação atual dos recursos hídricos da região, baseada nas informações obtidas no EIA/RIMA (2005) elaborado para a área em estudo e em fontes secundárias.

##### a. Rio São Francisco

Com 255 km<sup>2</sup>, a sub-bacia de gestão de recursos hídricos do Rio São Francisco, além de contemplar boa parte das porções médias da sub-bacia do Rio São Francisco, compreende a





porção direita das sub-bacias do Rio Lopeí e do Arroio Ivo. O Rio São Francisco nasce próximo ao perímetro urbano de Cascavel e corre no sentido oeste atravessando diversos municípios como Toledo, Ouro Verde do Oeste, São José das Palmeiras e Marechal Cândido Rondon, até desaguar no lago de Itaipu, na divisa de Entre Rios do Oeste com Pato Bragado. Quase 50% da extensão total do Rio São Francisco faz divisa, ou está inserida no município de Toledo, sendo alimentado, nesse território por afluentes, como o Rio Lopeí e Arroio Ivo.

#### b. Águas subterrâneas

Não há dados sobre a qualidade das águas subterrâneas na área de influência, o que será resolvido através da instalação de um poço de monitoramento à montante do empreendimento que servirá de “background”. Este poço estará localizado a montante do novo aterro sanitário e está designado nas pranchas como PM 07 (Ver projeto executivo).

#### Locais de Amostragem

Os locais de amostragem selecionados levaram em consideração a localização do empreendimento e os fluxos dos possíveis contaminantes, seja na fase de implantação, seja na fase de operação. Para o monitoramento da água subterrânea é necessária a instalação de sete poços de monitoramento sendo dois a montante e cinco a jusante do empreendimento.

A localização das estações de monitoramento das águas superficiais está descrita de maneira sucinta a seguir:

- PCAS 01 – Ponto de coleta de águas superficiais 01 - localizada a montante do aterro sanitário
- PCAS 02 – Ponto de coleta de águas superficiais 02 - localizada a jusante do aterro sanitário
- PCAS 03 – Ponto de coleta de águas superficiais 03 - localizada a jusante do aterro sanitário
- PCAS 04 – Ponto de coleta de águas superficiais 04 - localizada a jusante na confluência com a Sanga Cachorro Perdido.

Ver a localização destes pontos na Prancha 005.

#### Parâmetros Analisados

A seleção dos parâmetros que deverão ser analisados está em consonância com as atividades executadas pelo empreendimento durante as suas várias fases de implantação, bem como aos requisitos de licença prévia expedida pelo órgão ambiental. Deste modo, parâmetros que não tem estreita vinculação com o projeto não serão estudados neste programa.

Os valores de referência, para os parâmetros selecionados, são os constantes da Resolução CONAMA Nº 357/2005, e também deverá ser atendido a portaria do IAP Nº 259/2014.

Ressalta-se novamente que, quando da emissão da licença de implantação e operação, a mesma deverá ser observada quanto aos possíveis novos parâmetros de monitoramento, os quais deverão ser incorporados ao plano de monitoramento, caso ainda não constem da relação ora apresentada.





Um conjunto básico de parâmetros deverá ser analisado em todos os locais de coleta, visando especificamente acompanhar os efeitos das obras sobre os recursos hídricos.

**Parâmetros básicos para águas superficiais:**

- Temperatura da água;
- pH;
- Condutividade elétrica;
- Oxigênio Dissolvido (OD);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Coliformes totais e fecais;
- Sólidos sedimentáveis;
- Óleos e graxas;
- Turbidez;
- Nitrogênio total;
- Fósforo;
- Cádmio;
- Chumbo;
- Cobre;
- Ferro;
- Níquel;
- Zinco; e,
- Agrotóxicos\*.

**Parâmetros básicos para águas subterrâneas:**

- pH;
- Carbono Orgânico Total (COT);
- Coliformes totais e fecais;
- Nitrogênio total;
- Fósforo;
- Cádmio;
- Chumbo;
- Cobre;
- Ferro;
- Níquel;
- Zinco; e,
- Agrotóxicos\*.

\*A análise dos agrotóxicos poderá ser realizada através da metodologia de Multi-resíduos a qual possibilita uma varredura de mais de 200 compostos ativos.

A seguir está apresentada, de maneira sintética, a descrição dos parâmetros selecionados para o Plano de Controle e sua relação com a área em estudo.

### Monitoramento, Acompanhamento e Medidas de Controle

Conforme apresentado anteriormente, os parâmetros básicos de monitoramento deverão seguir o cronograma estabelecido na Tabela 21.

Considerando a execução do Plano de Controle da qualidade das águas superficiais e das águas subterrâneas em três fases distintas, perfazendo um total de 08 meses para as duas primeiras fases e contínuo para a Fase 3, foi determinada a seguinte frequência para o monitoramento dos mesmos:

**Tabela 21 – Monitoramento dos recurso hídricos**

Fase	Descrição	Período	Frequência
Fase 01	Anterior às obras	2 meses	mensal
Fase 02	Durante as obras até a sua finalização	6 meses	2x trimestral
Fase 03	Durante a operação do empreendimento até o seu fim.	Indeterminado	semestral

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

As datas apresentadas são estimativas, sabendo-se que as obras (Fase 2) poderão levar tempo superior a 06 meses em função de dificuldades que podem ser ocasionadas por questões





climáticas entre outras. Durante a Fase 2, as campanhas deverão estar de acordo com o cronograma das obras, de modo a atender as atividades mais impactantes aos recursos hídricos (terraplenagem, montagem de canteiro de obras, etc.), prevendo-se em qualquer caso (06 meses) 4 campanhas de campo. Na Fase 3, em função de demandas de órgãos ambientais, a periodicidade poderá ser alterada.

As campanhas para coleta de material deverão ter duração máxima de 4 dias, em virtude da necessidade de análise rápida de alguns parâmetros.

Ver detalhes no **Anexo H** – Controle Tecnológico, Tomo II.

### Resultados Esperados

Durante as três fases do Plano, a serem executados pelo responsável pela operação do aterro sanitário, estão previstos os seguintes documentos técnicos:

- Relatório Técnico das Campanhas de Campo: contendo os dados obtidos no campo e os resultados das análises laboratoriais;
- Relatório Parcial por Fase: contendo a totalidade dos dados obtidos em cada fase, com análise dos resultados disponíveis e análise da situação de qualidade dos recursos hídricos, assim como as ações tomadas quando do desvio dos padrões estabelecidos;
- Relatório Final do Programa na fase de implantação: contendo todas as informações obtidas durante o programa, os resultados, as análises e as conclusões obtidas, e,
- Relatório periódico na fase de operação: contendo a totalidade dos dados obtidos em cada campanha, com análise dos resultados disponíveis e análise da situação de qualidade dos recursos hídricos, assim como as ações tomadas quando do desvio dos padrões estabelecidos.

A frequência de emissão desses documentos técnicos está apresentada no cronograma de atividades (Tabela 22).

**Tabela 22 – Cronograma do plano de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas.**

Atividade	mês1	mês 2	mês 3	mês 4	mês 5	mês 6	mês 7	mês 8	mês n	Mês n+1
Fase 1										
Fase 2										
Fase 3	Indeterminado.									

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

### *2.3.5.2 Controle de Estabilidade do Aterro Sanitário*

#### Controle Geotécnico

O controle geotécnico compreende medidas de estabilidade do maciço, medidas de recalque, permeabilidade, pressão interna do maciço.

Todos os procedimentos descritos de controle geotécnico e controle tecnológico deverão ser realizados por uma empresa especializada em Geotecnia, a qual deverá desenvolver um programa de acompanhamento operacional e avaliar o momento de implantação e locação dos instrumentos de controle de Geotecnia durante o processo operacional.





Neste item será apresentado as necessidades e informações que deverão ser recolhidas durante a operação do aterro sanitário para garantir a estabilidade e praticidade operacional do mesmo.

#### Medidas de estabilidade do maciço:

Com o objetivo de avaliar as poro-pressões nos líquidos e gases nos diques de contenção e no interior das células de aterragem, subsidiando, dessa forma, a avaliação da estabilidade do maciço de resíduos, foi prevista a instalação de piezômetros. Esses piezômetros são constituídos de dois tubos concêntricos, o interno para o registro da pressão no chorume e o externo para a avaliação da pressão no gás.

Através dos drenos de gases definidos no projeto executivo que poderão ser utilizados como medidores de nível da manta líquida, também serão instalados piezômetros e medidores de nível de manta líquida, constituídos de tubos de PVC perfurados, em diversas profundidades, o que possibilitará a identificação da formação de níveis de manta líquida suspensos. Ver os detalhes e localização dos piezômetros na Prancha 052.

#### Medidas de recalque superficial e em profundidade:

Através do conhecimento destas medidas é possível avaliar alguns itens de suma importância na operação e no estágio pós encerramento do aterro sanitário.

- A avaliação da integridade dos sistemas de revestimento, de cobertura e dos dispositivos de drenagem de líquidos percolados e gases;
- O desenvolvimento de estudos para reaproveitamento das áreas ocupadas após o fechamento dos aterros, e,
- Quando realizado juntamente ao monitoramento físico-químico dos resíduos, a possibilidade de estabelecimento de correlações entre recalques e degradação dos resíduos.

Os recalques e a verificação visual da ocorrência de trincas na cobertura de bermas e taludes são indicadores das falhas e comprometimento da estabilidade da massa de resíduos. Para realizarmos o controle destes recalques será utilizado placas de recalque instaladas nas bermas e no topo das células (Ver prancha 052). São registradas movimentações verticais e horizontais do maciço de resíduos. Com o objetivo de avaliar as mudanças na compressibilidade em função da degradação dos resíduos, está prevista a instalação de medidores de recalque em profundidade no interior da massa de resíduos. Ver **Anexo G – Cálculo de Estabilidade do Maciço**, Tomo II.

#### Medidas de permeabilidade

O controle da permeabilidade dos diversos materiais (camada de impermeabilização de base, diques, camadas de cobertura e resíduos) vem sendo realizado por meio de ensaios de campo, utilizando Permeâmetro de Guelph e em furos de sondagens, e de ensaios de laboratório, utilizando Permeâmetro de parede rígida e flexível.

#### Medidas de movimentações internas

Na etapa inicial do monitoramento será instalados inclinômetros no dique de contenção das células, com o objetivo de acompanhar as possíveis movimentações do maciço.





Está prevista a instalação de tubos inclinométricos no interior da massa de resíduos de acordo com o andamento do aterro (Ver prancha 052).

#### Controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados

O controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados na construção das células vem sendo realizado por meio de ensaios de laboratório (caracterização geotécnica, compactação e CBR, permeabilidade, adensamento, cisalhamento direto e compressão triaxial) e de ensaios de campo (controle de compactação e permeabilidade). Estes ensaios deverão ser realizados de acordo com a construção do aterro sanitário e deverão ser realizados de acordo com a solicitação do responsável pelo monitoramento do aterro e que poderá avaliar os locais necessários para a realização do ensaio.

#### Realização de Provas de carga

As propriedades de resistência e compressibilidade dos resíduos serão avaliadas através da realização de provas de carga e ensaios de resistência em campo.

#### Controle da densidade dos resíduos aterrados

O controle da densidade dos resíduos aterrados fornece elementos indispensáveis à avaliação da estabilidade e da vida útil do aterro. Esse controle deverá ser pelo registro topográfico a cada trimestre, da frente de serviço associado à pesagem dos veículos na central de balanças. O número e as características dos equipamentos utilizados na compactação, bem como a inclinação das rampas de compactação e o número de passadas, também serão monitoradas.

Através do controle da quantidade de resíduos que chega a frente de serviço podemos obter o volume de resíduos sem compactação. Na sequência os equipamentos de operação farão o processo de compactação até formar a célula de resíduos, com recobrimento com solo também. Após a formação da célula é feito o levantamento topográfico onde obtemos o volume compactado, e fazendo a relação da quantidade de volume de resíduo sem compactação e o volume compactado, termos o grau de compactação.

#### Inspeções de campo

Inspeções de campo deverão ser realizadas regularmente (frequência diária) e têm como objetivo avaliar as condições dos sistemas de drenagem de águas pluviais, controle de processos erosivos, ocorrência de trincas nos taludes, dentre outras.

#### Registro de dados pluviométricos e de vazão de líquidos percolados

Como atividade complementar ao monitoramento, também será realizado o acompanhamento dos dados pluviométricos (instalação de pluviômetro na área do aterro) e da vazão de líquidos percolados (medição do volume que chega a ETE), que fornecem elementos para a avaliação do balanço hídrico no aterro.

Todos estes elementos serão de responsabilidade do operador do aterro sanitário e deverá obter os dados através dos dados operacionais da ETE e acompanhamento das quantidades de volume de precipitação ocorridos na região. Os dados deverão ser tabelados e analisados por um responsável técnico habilitado para montar um relatório específico para este item.





### 2.3.6 Encerramento do Aterro e Cuidados Posteriores

Considerando a geração de resíduos sólidos no município de Toledo e o início da utilização do empreendimento em 2018 tem-se a expectativa de vida útil com a utilização até o ano de 2044, portanto uma vida útil mínima de 27 anos.

Previu-se no projeto a criação de uma área verde, com plantio de grama, localizada na camada de encerramento, quando do término da operação do aterro sanitário. Para tanto, o selamento deverá ser feito com uma camada de solo, com coeficiente de permeabilidade inferior a  $10^{-6}$  cm/s, de 0,20 m de espessura, acima da camada selante da célula, devendo ser compactada e sobre ela uma camada de terra não compactada de 0,20 m, complementado por uma outra camada de terra vegetal de 0,10 m de espessura. Para evitar o empoçamento de água na superfície, o que seria prejudicial para o desenvolvimento da vegetação, foi prevista uma declividade de 1,0 % na cobertura da última camada do aterro, além de um sistema de drenagem por canaletas.

Para a cobertura vegetal da área do aterro, será utilizada a grama batatais (*Paspalum notatum*) ou grama São Carlos (*Axonopus sp.*), espécies rasteiras que além de serem extremamente resistentes às secas, pragas e doenças, mostram-se eficientes em evitar o crescimento natural de espécies arbustivas, possuidoras de raízes que atingem profundidade superior a 1,0 metro. Para o desenvolvimento adequado das gramíneas, será adicionado ao solo vegetal macronutrientes através de adubo químico tipo NPK, de fórmula 15-10-5 + 5% de enxofre, ou ainda composto orgânico quando da implantação de programas bem definidos de compostagem de resíduos orgânicos e de poda, capina e roçagem.

Para melhorar a capacidade de absorção dos nutrientes pelo solo, prevê-se promover a correção do pH, que deverá estar próximo a neutralidade, ou seja, entre 5,5 e 7,5, sendo o ideal entre 6,8 e 7,0. Após desenvolver uma análise no solo vegetal, havendo necessidade de elevar o pH, deverá ser aplicado calcário dolomítico. A quantidade adequada de calcário a ser aplicado no solo será definida através da análise de laboratório. Em geral cada 150 gramas de calcário dolomítico, incorporado a 1 m<sup>2</sup> solo, eleva o nível de pH em 1 ponto.

No geral, a taxa de aplicação de calcário no solo é de 1,5-2,0 t/ha (Tabela 23). Para melhorar o condicionamento do solo, prevê-se a aplicação de composto orgânico estabilizado (esterco de bovinos ou de galinha, dentre outros). Após 4-5 meses do plantio das mudas de gramas, deverá ser efetuada uma adubação de cobertura com aproximadamente 500 kg/ha na fórmula 10-15-5 (NPK). Na ocasião dessa adubação o solo deverá estar livre de umidade.

Tabela 23 – Adubos e corretivos a serem empregados.

Adubação Inicial	Adubação de Cobertura	Correção do pH do Solo
15-10-5 + 5% S	10-15-5 OU 10-10-10	Calcário dolomítico
1 t/ha	50 kg/ha	1,5 – 2,0 t/ha

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

O plantio será efetuado através de mudas (propagação vegetativa) da seguinte forma:

- Abertura de Linhas de Sulco: Após a incorporação do adubo químico e calcário dolomítico ao solo, deverá ser executada a abertura de linhas de sulco, com dimensões de 10 por 10 cm, perpendiculares à declividade do terreno, com distância de 0,30 m entre linhas. O composto orgânico, será colocado dentro dos sulcos.





- Preparo e Plantio de Mudanças: As mudas terão aproximadamente 0,10 m de comprimento, devidamente enraizadas, as quais serão pranchadas ao longo dos sulcos, com espaçamento, entre mudas, de 0,15 m. Serão evitados os meses de inverno para o plantio das mudas e será dada preferência para os meses onde costuma chover com regularidade.
- Irrigação: Até a efetiva germinação/fixação das mudas, a irrigação deverá ser feita no mínimo semanalmente, e depois ser avaliado de acordo com o sistema operacional. Serão evitados, jatos fortes de água, que provocam a formação de sulcos e o arrancamento de mudas. A irrigação será realizada na forma de chuvisco leve e realizada nos períodos mais frescos do dia. No plantio dos taludes serão utilizadas técnicas de hidrossemeadura. Na falta de chuvas, o procedimento de irrigação será o mesmo descrito anteriormente.

Mesmo após o encerramento do aterro sanitário será necessário continuar a avaliar, em todas as regiões do aterro sanitário, o monitoramento do material de cobertura para a verificação de possíveis erosões que possam deixar os resíduos expostos, com isto evitando atrativos, quer seja de resíduos orgânicos, quer seja de moscas que poderão atrair aves. Salienta-se ainda, no monitoramento, a importância do isolamento físico da área (cercamento) visando a evitar a entrada de animais e de pessoas não autorizadas no local.

A área do empreendimento deverá ser monitorada diariamente através de utilização de pessoal treinado e que tenha trabalhado durante a operação do aterro. Esta pessoa fará uma avaliação geral de todo o empreendimento e fará um relatório mensal sobre todos os possíveis problemas existentes na área. Nesta etapa a Prefeitura não precisará manter equipamentos de forma permanente na área do aterro, porém após os relatórios de inspeção emitidos, deverá ser feita uma avaliação dos problemas existentes e encaminhar equipamentos específicos para a solução desses problemas, dentre eles, retroescavadeira, trator de esteira e caminhões para realizarem os reparos que se façam necessários.

Mesmo após o encerramento do aterro há necessidade de se realizar um monitoramento das estruturas de coleta e de dissipação de águas pluviais, durante um período mínimo de 10 anos, evitando que se tenha uma geração contínua de líquidos percolado a serem tratados devido a infiltração de líquidos no maciço. Este monitoramento deverá ser feito de forma visual avaliando-se toda a estrutura de canaletas, gabiões, dissipadores de energia, e elaborando um relatório mensal com a finalidade de se montar uma lista de reparos a serem realizadas, com o deslocamento de equipamentos e materiais para o aterro com a finalidade de saná-los.

Verificar em toda área processo erosivos que possam estar surgindo e providenciar reparos imediatos, pois a erosão poderá danificar as estruturas dos aterros e provocar a liberação de gases e também o aumento de geração de líquidos percolados devido a infiltração da água de chuva.

Após a implantação das ações de encerramento do aterro deverá ser colocado em prática o Plano de Monitoramento. Como propostas de monitoramento da área deverá ser mantido um plano de acompanhamento, no mínimo, semestral, verificando os seguintes aspectos:

- Medição *in situ* da presença de metano e compostos orgânicos voláteis. Caso sejam encontrados níveis acima do permitido, que possam causar explosões deverá ser apresentado imediatamente ao órgão ambiental um plano emergencial para intervenção no aterro para remoção dos gases;





- Verificação da estabilidade do terreno em relação a processos erosivos e movimentação da massa de resíduos, buscando indícios de trincas, afundamentos ou bolsões no terreno, exposição do solo e/ou resíduos, entre outros aspectos visuais. Caso seja identificado alguns desses processos deverá ser implantada intervenção para controle dos mesmos;
- Acompanhamento do crescimento das gramíneas, que em caso de identificação de locais com exposição do solo, deverá ser feito o plantio;
- Acompanhamento topográfico do aterro para verificar indícios de movimentações horizontais ou verticais, que podem indicar deslocamento da massa de resíduos; e,
- Verificação do funcionamento das canaletas de drenagem e tanques de decantação. Caso seja identificado algum problema, deve-se realizar imediatamente o reparo. Também periodicamente deverá ser feita a limpeza dos tanques de decantação para remoção do solo.

Para o encerramento do aterro sanitário a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Toledo deverá solicitar uma autorização ambiental para encerramento e recuperação ambiental da área de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, junto ao órgão ambiental – IAP.

Deverá obter as documentações, planos e relatórios abaixo descritos:

- a) Requerimento de licenciamento ambiental - RLA;
- b) Cadastro de disposição final de resíduos - CTD;
- c) Apresentação da cópia da Licença de Operação;
- d) Comprovante de recolhimento de taxa de licenciamento ambiental;
- e) Apresentação do Plano de Encerramento e Recuperação Ambiental da Área de Disposição Final de Resíduos Sólidos;
- f) ART – Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico pela elaboração do Plano de Encerramento e Recuperação Ambiental da Área de Disposição Final de Resíduos Sólidos;
- g) ART – Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico pela implementação do Plano de Encerramento e Recuperação Ambiental da Área de Disposição Final de Resíduos Sólidos;
- h) Relatório de auto monitoramento do aterro sanitário.

### **2.3.7 Uso Futuro da Área do Aterro Sanitário**

Quanto ao uso futuro da área, é possível o desenvolvimento de culturas que não apresentem raízes profundas, não tem contato direto com o solo, nem são consumidas in natura, podendo ocupar o local após o encerramento das atividades, facilitando a reintegração do aterro à paisagem regional, reduzindo os seus custos e evitando a manutenção de estruturas de isolamento e proteção do local. Não deverá ser plantado árvores, devido ao tamanho de suas raízes que poderão vir a danificar materiais utilizados no aterro tais como geomembrana, geotêxtil, e também facilitar a percolação de líquidos superficiais para dentro do maciço. Porém,





recomenda-se que tais procedimentos venham a ser analisados previamente por um Engenheiro Agrônomo.

Alguns usos podem ser indicados para a utilização futura da área do aterro, porém é preciso advertir que podem permanecer em formação gases, por períodos variados, dependendo de vários fatores, tais como umidade, pH, estanqueidade das células, etc., sendo comum o relato da produção de gases por cerca de 20 anos após o encerramento das atividades. A produção de gases é forte indicador do estágio de biodegradação, que tem implicação direta sobre a formação de vazios no interior da massa e estabilização (ou desestabilização) da estrutura do aterro. Isto implica que, caso o aproveitamento da área se faça imediatamente após sua desativação como aterro, então rigor incomum deverá ser dado ao monitoramento do recalque de taludes e de plataformas, ao alívio de gases (eliminando riscos de incêndio e/ou explosões), com queima e/ou reaproveitamento, se economicamente viável, verificando-se as condições de adaptação das espécies vegetais utilizadas, uma vez que o meio é em geral agressivo a elas, à drenagem pluvial e à eficiência do sistema de tratamento dos efluentes líquidos.

Uma vez que os riscos à segurança e à saúde pública estejam perfeitamente controlados, poderá então se programar a abertura ao público. Sugere-se não permitir acesso por, no mínimo, 05 (cinco) a 10 (dez anos), podendo, entretanto, ser preparada e aberta ao uso público ao fim da vida útil total do aterro, subáreas que tenham sido desativadas há mais de dez anos, mantendo as outras sob rigoroso controle.

Não é recomendado o uso da área onde existam resíduos sólidos para dar suporte a edificações de nenhuma espécie e nem a área de lazer. Enfim, ao contrário do que se pensa, pode a área, a longo prazo, revalorizar sua vizinhança, compensando as gerações futuras, ao menos em parte, pelo uso atual.

Esta área deverá ser considerada no Plano Diretor do município devido a sua característica problemática para a sua utilização futura e ocupação da área de entorno.

Na Tabela 24, Tabela 25, Tabela 26, Tabela 27, Tabela 28, Tabela 29 e Tabela 30 apresenta-se o resumo das características gerais do aterro sanitário, podendo ser visualizados alguns dos principais elementos da construção do Novo Aterro Sanitário do Município de Toledo.





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

Tabela 24 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 01

ITEM	QUANTIDADE
Área com cobertura arbustiva a afetar	1.860,00 m <sup>2</sup>
Volume de solo fértil a remover	4.653,00 m <sup>3</sup>
Volume de solo estéril a remover	56.641,41 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – aterros	7.102,44m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – cortes	93.630,15 m <sup>3</sup>
Volume de solo para recobrimento de resíduos a empregar	29.946,26 m <sup>3</sup>
Área de grama a plantar por camada e por célula de disposição	3.846,94 m <sup>2</sup>
Volume de material de empréstimo	61.294,40 m <sup>3</sup>
Volume de chorume a gerar	56,20 Mil m <sup>3</sup>
Volume de biogás a gerar	(*)
Comprimento total de drenos horizontais principais	265,47 m
Comprimento de drenos horizontais secundários	669,11
Quantidade total de drenos verticais	08 und

(\*) Quantidade variável em cada ano. Ver Tabela 50 – Item 2.4.5.1.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Tabela 25 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 02

ITEM	QUANTIDADE
Área com cobertura arbustiva a afetar	2.049,58 m <sup>2</sup>
Volume de solo fértil a remover	5.123,95 m <sup>3</sup>
Volume de solo estéril a remover	58.342,86 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – aterros	15.162,74 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – cortes	102.571,66 m <sup>3</sup>
Volume de solo para recobrimento de resíduos a empregar	68.761,45 m <sup>3</sup>
Área de grama a plantar por camada e por célula de disposição	14.652,30 m <sup>2</sup>
Volume de material de empréstimo	63.466,81 m <sup>3</sup>
Volume de chorume a gerar	62.32 Mil m <sup>3</sup>
Volume de biogás a gerar	(*)
Comprimento total de drenos horizontais principais	265,47 m
Comprimento de drenos horizontais secundários	669,11
Quantidade total de drenos verticais	08 und

(\*) Quantidade variável em cada ano. Ver Tabela 50 – Item 2.4.5.1.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).





Tabela 26 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 03

ITEM	QUANTIDADE
Área com cobertura arbustiva a afetar	1.726,34 m <sup>2</sup>
Volume de solo fértil a remover	4.315,87 m <sup>3</sup>
Volume de solo estéril a remover	60.003,37 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – aterros	2.926,52m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – cortes	100.952,84 m <sup>3</sup>
Volume de solo para recobrimento de resíduos a empregar	19.181,23 m <sup>3</sup>
Área de grama a plantar por camada e por célula de disposição	6.635,84 m <sup>2</sup>
Volume de material de empréstimo	64.319,24 m <sup>3</sup>
Volume de chorume a gerar	52,36 Mil m <sup>3</sup>
Volume de biogás a gerar	(*)
Comprimento total de drenos horizontais principais	565,91m
Comprimento de drenos horizontais secundários	520,64 m
Quantidade total de drenos verticais	06 und

(\*) Quantidade variável em cada ano. Ver Tabela 50 – Item 2.4.5.1.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Tabela 27 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 04

ITEM	QUANTIDADE
Área com cobertura arbustiva a afetar	2.125,85 m <sup>2</sup>
Volume de solo fértil a remover	4.247,37 m <sup>3</sup>
Volume de solo estéril a remover	44.775,62 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – aterros	0.00m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – cortes	100.005,61 m <sup>3</sup>
Volume de solo para recobrimento de resíduos a empregar	72.969,20 m <sup>3</sup>
Área de grama a plantar por camada e por célula de disposição	10.879,73 m <sup>2</sup>
Volume de material de empréstimo	49.750,69 m <sup>3</sup>
Volume de chorume a gerar	64,54 Mil m <sup>3</sup>
Volume de biogás a gerar	(*)
Comprimento total de drenos horizontais principais	285,79m
Comprimento de drenos horizontais secundários	281,40 m
Quantidade total de drenos verticais	06 und

(\*) Quantidade variável em cada ano. Ver Tabela 50 – Item 2.4.5.1.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

Tabela 28 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 05

ITEM	QUANTIDADE
Área com cobertura arbustiva a afetar	2.104,04 m <sup>2</sup>
Volume de solo fértil a remover	5.054,49 m <sup>3</sup>
Volume de solo estéril a remover	17.346,85 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – aterros	12.185,00 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – cortes	49.398,81 m <sup>3</sup>
Volume de solo para recobrimento de resíduos a empregar	31.556,19 m <sup>3</sup>
Área de grama a plantar por camada e por célula de disposição	4.213,32 m <sup>2</sup>
Volume de material de empréstimo	23.129,13 m <sup>3</sup>
Volume de chorume a gerar	57,21 Mil m <sup>3</sup>
Volume de biogás a gerar	(*)
Comprimento total de drenos horizontais principais	152,65 m
Comprimento de drenos horizontais secundários	512,86 m
Quantidade total de drenos verticais	04 und

(\*) Quantidade variável em cada ano. Ver Tabela 50 – Item 2.4.5.1.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Tabela 29 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Base 06

ITEM	QUANTIDADE
Área com cobertura arbustiva a afetar	1.534,19 m <sup>2</sup>
Volume de solo fértil a remover	6.620,84 m <sup>3</sup>
Volume de solo estéril a remover	22.044,93 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – aterros	0,00 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – cortes	57.215,11 m <sup>3</sup>
Volume de solo para recobrimento de resíduos a empregar	42.270,71 m <sup>3</sup>
Área de grama a plantar por camada e por célula de disposição	65.891,00 m <sup>2</sup>
Volume de material de empréstimo	29.393,56 m <sup>3</sup>
Volume de chorume a gerar	39,93 Mil m <sup>3</sup>
Volume de biogás a gerar	(*)
Comprimento total de drenos horizontais principais	643,82 m
Comprimento de drenos horizontais secundários	570,43 m
Quantidade total de drenos verticais	09 und

(\*) Quantidade variável em cada ano. Ver Tabela 50 – Item 2.4.5.1.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).





Tabela 30 – Resumo das características gerais do aterro sanitário – Todas as bases

ITEM	QUANTIDADE
Área com cobertura arbustiva a afetar	11.400,00 m <sup>2</sup>
Volume de solo fértil a remover	30.015,52 m <sup>3</sup>
Volume de solo estéril a remover	259.155,04 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – aterros	37.376,66 m <sup>3</sup>
Volume de terraplenagem – cortes	503.773,18 m <sup>3</sup>
Volume de solo para recobrimento de resíduos a empregar	264.685,04 m <sup>3</sup>
Área de grama a plantar por camada e por célula de disposição	106.119,13 m <sup>2</sup>
Volume de material de empréstimo	291.353,83 m <sup>3</sup>
Volume de chorume a gerar	332,56 Mil m <sup>3</sup>
Volume de biogás a gerar	(*)
Comprimento total de drenos horizontais principais	2.179,11 m
Comprimento de drenos horizontais secundários	3.229,55 m
Quantidade total de drenos verticais	41 und

(\*) Quantidade variável em cada ano. Ver Tabela 50 – Item 2.4.5.1.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

### 2.3.8 Definição de Ações para Contingências e Emergências

#### 2.3.8.1 Introdução

O Plano de Emergência e Contingência (PEC) tem como propósito prever os cenários emergências, suas ações e as responsabilidades estabelecidas para atendê-las, tanto em caráter preventivo como corretivo ou paliativo, com vistas a elevar o grau de segurança e a continuidade operacional do sistema de resíduos sólidos, mesmo que em caráter precário.

O PEC é um documento resultante do planejamento tático elaborado a partir de uma determinada hipótese de desastre ou falha no sistema, cuja finalidade é aperfeiçoar as atividades de resposta aos desastres e falhas, através da antecipação e designação de responsáveis pelas mesmas.

As medidas emergências objetivam programar as ações para situações onde ocorra um evento inesperado (um acidente), o qual desencadeie um estado crítico, e que requer tratamento imediato. As ações emergenciais promovem uma resposta rápida aos sistemas afetados, minimizando os impactos causados a população e ao meio ambiente.

Medidas de contingência, por sua vez, centram na prevenção de qualquer evento que afete a disponibilidade total ou parcial de um ou mais recursos associados a um sistema, provocando em consequência, a descontinuidade de serviços considerados essenciais. As ações de caráter preventivo, em sua maioria, buscam conferir grau adequado de segurança aos processos e instalações operacionais.

Através da utilização dos procedimentos descritos no PEC estaremos preparados para intervir com eficiência e eficácia na presença de problemas operacionais. Ao termos conhecimentos da





maioria dos problemas operacionais que possam a vir ocorrer e as medidas a serem tomadas teremos como resolve-los com a minimização de impactos ambientais a serem gerados pelo empreendimento.

### 2.3.8.2 Identificação de Cenários e sua Origem

Na Tabela 31 e Tabela 32 identificam-se situações que podem ser caracterizadas como anormalidade nos processos referentes as atividades realizadas com os resíduos sólidos.

**Tabela 31 – Ordem x Descrição dos cenários.**

Ordem	Descrição dos cenários
1	Inundação ou processo erosivo da área.
2	Avaria, falha mecânica nos equipamentos.
3	Operação inadequada do aterro sanitário.
4	Falta de energia elétrica.
5	Períodos prolongados de chuvas.
6	Contaminação de águas superficiais e subterrâneas.
7	Ausência de Funcionários/equipes – paralização.
8	Incêndio.
9	Falta de conhecimentos dos sistemas operacionais e construtivos do aterro sanitário.
10	Instabilidade dos maciços.
11	Limitação do acesso para a disposição do resíduo sólido coletado.
12	Controle de percolação de líquidos nas bases dos taludes.
13	Excesso de chorume gerado no processo operacional.
14	Geração de odores no aterro sanitário.
15	Controle da poluição atmosférica nas etapas de implantação e operação.
16	Especificação dos materiais utilizados na obra e operação.
17	Sistemas de drenagem de chorume, águas pluviais e de gases ineficientes.
18	Falta de manutenção de acessos e locais de emergência para a disposição de resíduos.
19	Falta de equipamentos de operação adequados.
20	Greve ou paralização de funcionários da coleta e do aterro sanitário.
21	Explosão, vazamento incêndio e liberação de gases tóxicos no aterro.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

**Tabela 32 – Cenários x Ordem**

Cenário	Ordem
Dificuldade de acesso ao local de disposição de resíduos.	1;2;3;5;7;8;17;18;19.
Problemas operacionais devido a utilização dos equipamentos.	2;3;5;7;19.
Contaminação do solo, lençol freático e águas superficiais.	1;2;6;9;12;13;16;17;18.
Instabilidade do maciço com desmoronamento.	1;3;5;9;10;12;17;19;21
Erosão no terreno e instabilidade nos taludes de solo.	1;3;5;9;10;12;13;17;21
Dificuldade de levar os resíduos a frente de serviço de disposição.	1;3;5;7;11;17;20.
Surgência de chorume nos taludes.	1;3;5;7;9;12;13;17;20.
Falta de formação específica para operadores de aterros sanitários.	3;7;9;
Não reaproveitamento dos gases gerados no aterro.	8;10;14.
Ausência de plano de monitoramento dos sistemas estruturados no aterro sanitário.	3;6;8;10;12;14;15;17;21.
Infraestrutura inadequada.	4;18;19

Fonte: Habitat Ecológico (2017).



### 2.3.8.3 Identificação de Ações para Análise de Cenários

As situações emergenciais são aquelas as quais não decorrem, em geral, de acidentes nos sistemas de previsibilidade incerta, que exigem ações corretivas de rápido encaminhamento. Já as de contingência significam eventualidades que podem ser minimizadas mediante um planejamento preventivo de ações, em particular as vinculadas à manutenção constante e à proteção de equipamentos.

Nas Tabela 33 a Tabela 35, apresenta-se a descrição das medidas emergenciais e contingenciais previstas para cada vertente do saneamento.

**Tabela 33 – Ações de Contingência para o aterro sanitário.**

Medida de Contingência	Descrição
1	Elaboração de um Plano de prevenção as inundações.
2	Elaboração de Manuais de Equipamentos.
3	Elaboração de Manual de Operação de aterro sanitário.
4	Aquisição de fontes alternativas de energia através da utilização do biogás.
5	Elaboração de um sistema de drenagem pluvial e Plano de Monitoramento.
6	Montar um Plano de Monitoramento de águas superficiais e subterrâneas.
7	Promover a integração de funcionários entre as áreas do sistema
8	Montar brigada de Incêndio no empreendimento e plano de controle de incêndios.
9	Promover cursos de capacitação para funcionários
10	Realizar manutenção preventiva em equipamentos
11	Elaborar plano de monitoramento geológico e geotécnico.
12	Promover a integração de funcionários entre as áreas do sistema
13	Elaborar plano alternativo para disposição de resíduos em áreas de emergência ou em outros aterros sanitários da região.
14	Elaborar projeto especificando sistemas de drenagem na borda dos taludes.
15	Elaborar um plano de controle operacional para a minimização da geração de líquidos percolados.
16	Investir em estudos para conhecimento e melhorias do sistema existente.
17	Elaboração de plano de controle de qualidade do ar durante as etapas de implantação e operação do aterro sanitário.
18	Manter um cadastro de fornecedores e de especificação dos materiais a serem utilizados no empreendimento.
19	Montar um plano de monitoramento para os sistemas de drenagem de águas pluviais, drenagem de chorume e de gases.
20	Dimensionamento de áreas de emergência na área do aterro sanitário.
21	Cadastramento de fornecedores de maquinários, equipamentos.
22	Elaboração de Plano de Riscos no caso explosão, vazamento e liberação de gases tóxicos.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).



**Tabela 34 – Ações de emergência para o aterro sanitário.**

Medida Emergencial	Descrição das Medidas Emergenciais
1	Sinalização da área
2	Paralisação completa da operação
3	Paralisação parcial da operação
4	Comunicação ao responsável técnico
5	Comunicação à administração pública - secretaria ou órgão responsável
6	Comunicação ao órgão ambiental e/ou polícia ambiental
7	Comunicação à operadora de energia elétrica
8	Substituição de equipamento danificado
9	Substituição de pessoal
10	Manutenção corretiva
11	Manobra operacional
12	Monitoramento da qualidade da água de corpos hídricos após sinistro
13	Ampliação da comunicação cliente-operadora
14	Plano para controle de contaminação de águas subterrâneas e superficiais por contaminação de chorume.
15	Sistemática para correção de desmoronamento e explosões nas camadas de resíduo sólido.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

**Tabela 35 – Responsáveis pelas ações.**

Medida Emergencial	Responsáveis
1	Empresa responsável pela operação de empreendimento.
2	Empresas prestadoras de serviço.
3	Secretária de Meio Ambiente do município.
4	Órgão ambiental estadual – IAP/PR

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

#### 2.3.8.4 Quadro Resumo de Emergências e Contingências

Na sequência, apresenta-se o resumo de todas as atividades a serem realizadas para atenderem as condições de emergências e contingências, conforme **Anexo I – Ações para Emergências e Contingências, Tomo II**.

#### 2.3.9 Manual de Operação do Aterro Sanitário

O Manual de Operação do Aterro Sanitário encontra-se detalhado no **Tomo IX – Manual de Uso e Operação**.

### 2.4 MEMORIAL TÉCNICO – CÁLCULO DOS ELEMENTOS DO PROJETO

Acrescentam-se a seguir, os procedimentos utilizados para o dimensionamento das estruturas, detalhando os formulários utilizados. Neste memorial técnico serão feitas as discussões dos elementos abaixo considerados:

- Vida útil do aterro sanitário;
- Sistema de drenagem de águas superficiais;



- Dimensionamento das estruturas;
- Sistema de drenagem e remoção de líquidos percolados;
- Sistema de drenagem de gases;
- Sistema de tratamento de percolados.

### 2.4.1 Vida Útil do Aterro Sanitário

Neste item apresenta-se a vida útil do aterro sanitário obtida com a implantação do projeto na área determinada pela Prefeitura do Município de Toledo.

#### 2.4.1.1 Capacidade Volumétrica do Aterro Sanitário

A Tabela 36 apresenta a capacidade volumétrica das trincheiras, de cada uma das camadas e a capacidade volumétrica total do aterro sanitário.

Para cálculo da geração de resíduos foi levado em consideração que o grau de compactação dos resíduos no aterro será de 1 ton/m<sup>3</sup>. Este valor pode ser obtido com equipamento de compactação com peso superior a 15 ton.

A quantidade de material de cobertura de 20% do volume de resíduos gerados.

**Tabela 36 – Resumo dos volumes estimados para o Aterro Sanitário.**

Base	Camada Única	Volume (m <sup>3</sup> )
1	1ª camada	82.083,02
	2ª camada	67.648,18
	<b>TOTAL</b>	<b>149.731,20</b>
2	1ª camada	83.161,50
	2ª camada	156.715,40
	3ª camada	103.930,38
	<b>TOTAL</b>	<b>343.807,28</b>
3	1ª camada	33.831,44
	2ª camada	62.075,13
	<b>TOTAL</b>	<b>95.906,57</b>
4	1ª camada	92.286,40
	2ª camada	109.258,65
	3ª camada	163.301,37
	<b>TOTAL</b>	<b>364.846,42</b>
5	1ª camada	75.984,44
	2ª camada	81.796,52
	<b>TOTAL</b>	<b>157.780,96</b>
6	1ª camada	29.259,56
	2ª camada	69.366,60
	3ª camada	112.727,42
	<b>TOTAL</b>	<b>211.353,58</b>
Camada geral	Camada única	175.067,45
	<b>TOTAL</b>	<b>175.067,45</b>
<b>TOTAL DE RESÍDUO</b>		<b>1.498.493,46</b>

Fonte: Habitat Ecológico (2017).





A Tabela 37, apresenta a geração total de resíduos e material de cobertura para disposição no aterro sanitário.

**Tabela 37 – Geração total de resíduos e material de cobertura para disposição no aterro sanitário**

ANO	POPULAÇÃO (hab.)	GERAÇÃO DE RESÍDUOS PERCAPITA (kg/hab.dia)	PRODUÇÃO			RESÍDUOS			MATERIAL			VOLUME TOTAL DE RESÍDUO E MATERIAL DE COBERTURA (m³)
			DIÁRIA	ANUAL	ACUMULADA	DIÁRIA	ANUAL	ACUMULADA	DIÁRIA	ANUAL	ACUMULADO	
			(t/dia)	(t/ano)	(t)	(m³/dia)	(m³/ano)	(m³)	(m³/dia)	(m³/ano)	(m³)	
2.018	130.244	0,6000	78,15	28.523	28.523	78,2	28.525	28.525	15,6	5.704,95	5.704,95	34.229,70
2019	133.289	0,6075	80,97	29.555	58.079	81,0	29.554	58.079	16,2	5.909,35	11.614,30	69.693,10
2.020	136.406	0,6150	83,89	30.620	88.698	83,9	30.620	88.699	16,8	6.124,70	17.739,00	106.437,65
2021	139.595	0,6225	86,90	31.718	120.416	86,9	31.719	120.417	17,4	6.343,70	24.082,70	144.499,85
2.022	142.859	0,6300	90,00	32.850	153.266	90,0	32.850	153.267	18,0	6.570,00	30.652,70	183.919,85
2023	146.199	0,6375	93,20	34.019	187.285	93,2	34.018	187.285	18,6	6.803,60	37.456,30	224.741,45
2.024	149.617	0,6450	96,50	35.224	222.509	96,5	35.223	222.508	19,3	7.044,50	44.500,80	267.008,45
2025	153.115	0,6525	99,91	36.466	258.975	99,9	36.467	258.975	20,0	7.292,70	51.793,50	310.768,30
2.026	156.695	0,6600	103,42	37.748	296.723	103,4	37.748	296.723	20,7	7.548,20	59.341,70	356.064,80
2027	160.358	0,6675	107,04	39.069	335.792	107,0	39.070	335.793	21,4	7.814,65	67.156,35	402.949,05
2.028	164.107	0,6750	110,77	40.432	376.224	110,8	40.431	376.224	22,2	8.084,75	75.241,10	451.464,85
2029	167.944	0,6825	114,62	41.837	418.061	114,6	41.836	418.060	22,9	8.365,80	83.606,90	501.666,95
2.030	171.871	0,6900	118,59	43.286	461.347	118,6	43.285	461.345	23,7	8.657,80	92.264,70	553.610,10
2031	175.889	0,6975	122,68	44.779	506.126	122,7	44.778	506.124	24,5	8.957,10	101.221,80	607.345,40
2.032	180.002	0,7050	126,90	46.319	552.445	126,9	46.319	552.442	25,4	9.263,70	110.485,50	662.927,60
2033	184.210	0,7125	131,25	47.906	600.351	131,3	47.906	600.348	26,3	9.581,25	120.066,75	720.415,10
2.034	188.517	0,7200	135,73	49.542	649.893	135,7	49.541	649.890	27,2	9.909,75	129.976,50	779.866,30
2035	192.924	0,7275	140,35	51.229	701.122	140,4	51.228	701.118	28,1	10.245,55	140.222,05	841.339,60
2.036	197.435	0,7350	145,11	52.967	754.089	145,1	52.965	754.083	29,0	10.592,30	150.814,35	904.897,05
2037	202.051	0,7425	150,02	54.758	808.847	150,0	54.757	808.840	30,0	10.950,00	161.764,35	970.604,35
2.038	206.775	0,7500	155,08	56.605	865.452	155,1	56.604	865.444	31,0	11.322,30	173.086,65	1.038.530,85
2039	211.610	0,7575	160,29	58.508	923.959	160,3	58.506	923.950	32,1	11.701,90	184.788,55	1.108.738,60
2.040	216.557	0,7650	165,67	60.468	984.427	165,7	60.470	984.420	33,1	12.092,45	196.881,00	1.181.300,60
2041	221.620	0,7725	171,20	62.489	1.046.916	171,2	62.488	1.046.908	34,2	12.497,60	209.378,60	1.256.286,20
2.042	226.802	0,7800	176,91	64.571	1.111.486	176,9	64.572	1.111.480	35,4	12.913,70	222.292,30	1.333.772,05
2043	232.104	0,7875	182,78	66.715	1.178.202	182,8	66.715	1.178.194	36,6	13.344,40	235.636,70	1.413.831,15
2.044	237.531	0,7950	188,84	68.926	1.247.127	188,8	68.927	1.247.121	37,8	13.786,05	249.422,75	1.496.543,80

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

#### 2.4.1.2 Estimativa da Vida Útil

Baseando-se na Tabela 30, verifica-se que o aterro sanitário apresenta uma capacidade de 27 anos de vida útil.

A estimativa até o ano de 2044 apresenta uma geração acumulada de 1.496.543,80 m³ de material a ser disposto no aterro sanitário cuja capacidade é de 1.498.493,46 m³.

Nos cálculos acima demonstrados foram observadas algumas premissas:

- Produção per capita de resíduos sólidos igual a 0,60 kg habitante/dia, variando com o crescimento populacional e as tendências de geração nacional, ver Tabela 37;
- Densidade do resíduo compactado nas células igual a 1,00 t/m³;
- Material de cobertura: aproximadamente 20% do volume total do aterro; e,
- O material de cobertura será obtido da própria área do aterro.



## 2.4.2 Sistema de Drenagem Superficial

Detalham-se a seguir, os procedimentos descritos para os cálculos das estruturas a serem utilizadas no empreendimento.

### 2.4.2.1 Tempo de concentração

Para a determinação do tempo de concentração utilizou-se a seguinte fórmula:

$$tc = 57 * \left( \frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385}$$

Onde:

tc = Tempo de concentração, min;

L = Comprimento do talvegue, km = 0,835.

H = Desnível do talvegue entre o ponto mais distante e seção de controle considerada = (448 - 427) = 21m.

$$tc = 57 * \left( \frac{0,835^3}{21} \right)^{0,385}$$

$$tc = 14,33 \text{ min}$$

### 2.4.2.2 Intensidade máxima da chuva

Considerou-se a equação que se encontra listada para o município de Toledo, na literatura – Coletânea das equações de chuvas do Brasil (FESTI apud TOMAZ, 2017).

Adotou-se para o tempo de retorno (Tr) = 20 anos, pois as características do sistema implantado são de fácil escoamento para as águas geradas na área do empreendimento.

$$i = \frac{1062 * 20^{0,141}}{(14,33 + 5)^{0,776}}$$

$$i = 162,72 \text{ mm/h}$$

O Método Racional relaciona a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, etc. Adotou-se a seguinte equação:

$$Q = C * i * A$$

Onde:

Q – Deflúvio superficial direto, em m<sup>3</sup>/s;

C – Coeficiente de escoamento superficial (adotado C= 0,40);



i – Intensidade média de chuva para a precipitação ocorrida durante o tempo de concentração, da bacia em estudo, em milímetros por minuto; e,  
A – Área da bacia de contribuição, em hectares.

$$Q = 0,40 * 2,7121 * A$$

As vazões de projeto para o dimensionamento e verificações hidráulicas de estruturas e dispositivos de micro e macrodrenagem, apresentam-se a seguir, considerando-se o período de retorno igual a 20 anos (nível de confiança probabilística igual a 0,90 ou 90%) para o dimensionamento de estruturas e dispositivos hidráulicos.

### 2.4.3 Dimensionamento das Estruturas

#### Tubulações de água pluvial

Para o dimensionamento hidráulico da canalização, será empregada a equação de Chézy com coeficiente de Manning associada a equação da continuidade, representada pelas equações:

$$V = \frac{1}{n} * 0,397 * D^{2/3} * I^{0,5}$$

$$Q = \frac{1}{n} * S * Rh^{2/3} * I^{0,5}$$

Onde:

V = Velocidade média do escoamento, m/s;

Rh = Raio hidráulico, m;

I = Declividade do canal, m/m;

n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);

Q = Vazão, m<sup>3</sup>/s; e,

S = Área da seção molhada, m<sup>2</sup>.

A Tabela 38, Tabela 40 e Tabela 41 apresentam o dimensionamento de contribuição do sistema pluvial.

Para a drenagem das áreas do tratamento de efluentes e de biogás, o diâmetro mínimo de 300 mm, foi suficiente para transportar as vazões drenadas, como pode ser observado na Tabela 39, e, portanto, não havendo a necessidade de se verificar os parâmetros  $\gamma/D$ ,  $V/V_{pl}$  e  $Q/Q_{pl}$ . Observa-se que, para área com paver, foi utilizado um coeficiente C, do escoamento superficial igual a 0,6, enquanto que, para as áreas em concreto, o valor utilizado foi de 0,9.





Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Caixa pluvial	Vazão contibuinte - (l/s)	Declividade 1%	Diâmetro - tubo (mm)	Distância	Cota terreno (m)		Cota final (m)		Profundidade (m)		Vazão Plena (l/s)	Ve ple
					Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante		
CP31-CP27	218,37	0,83	500	96,34	446,00	446,00	445,20	444,40	0,80	1,60	308,49	
CP27-CP24	381,50	0,89	600	89,63	446,00	446,00	444,40	443,60	1,60	2,40	532,00	
CP24-CP23a	746,30	1,50	800	79,97	446,00	446,00	443,60	442,40	2,40	3,60	1.403,56	
CP23a-CP23	746,30	5,53	800	21,7	446,00	444,00	442,80	441,60	3,20	2,40	2.694,93	
CP23-CP22	959,80	6,02	800	29,91	444,00	441,00	441,60	439,80	2,40	1,20	2.694,93	
CP22-DE	959,80	4,99	800	40,07	441,00	436,00	439,00	437,00	2,00	0,00	2.559,97	
Caixa pluvial	Vazão contibuinte - (l/s)	Declividade 1%	Diâmetro - tubo (mm)	Distância	Cota terreno (m)		Cota final (m)		Profundidade (m)		Vazão Plena (l/s)	Ve ple
CP35-CP38	183,90	0,88	500	90,55	446,00	446,00	445,20	444,40	0,80	1,60	306,75	
CP38-CP41	537,50	1,38	800	86,67	446,00	446,00	444,40	443,20	1,60	2,80	1.068,92	
CP41-CP44	1.429,97	2,78	800	57,65	446,00	446,00	443,20	441,60	2,8	4,40	1.910,76	
CP44-CP45a	1.429,97	2,74	800	29,25	446,00	445,00	441,60	440,80	4,4	4,20	1.896,97	
CP45a-CP48	2.051,00	6,01	800	79,89	445,00	440,00	440,80	436,00	4,20	4,00	2.809,45	
CP48-CP49	2.051,00	3,76	1000	77,15	440,00	434,50	436,00	433,10	4,00	1,40	4.936,97	
CP49-CP53	2.573,40	5,65	1000	65,48	434,50	430,80	433,10	429,40	3,00	1,40	4.936,97	
CP53-DE	2.573,40	4,09	1000	58,72	430,80	427,00	429,40	427,00	1,40	0,00	4.200,47	
Caixa pluvial	Vazão contibuinte - (l/s)	Declividade 1%	Diâmetro - tubo (mm)	Distância	Cota terreno (m)		Cota final (m)		Profundidade (m)		Vazão Plena (l/s)	Ve ple
CP58-CP54	453,00	2,69	600,00	51,98	435,50	434,20	434,70	433,30	0,80	0,90	872,54	
CP58-DE	1.228,40	6,05	800,00	21,47	434,20	432,00	433,30	432,00	0,90	0,00	2.818,79	
CP66-CP62	643,00	1,89	600,00	79,38	439,50	438,00	438,60	437,10	0,90	0,90	1.575,49	
CP62-DE	994,00	6,04	800,00	18,20	438,00	436,00	437,10	436,00	0,90	0,00	2.816,46	
CP70-DE	1.671,26	4,01	1.000,00	32,40	433,50	431,00	432,30	431,00	1,20	0,00	4.133,18	
CP75-DE	2.179,80	4,54	1.000,00	28,62	431,50	429,00	430,30	429,00	1,20	0,00	4.425,52	
CP80-DE	340,40	1,26	600,00	23,87	433,50	432,00	432,30	432,00	1,20	0,00	1.133,50	
CP01-DE	294,90	4,09	600,00	93,00	437,00	432,00	435,80	432,00	1,20	0,00	597,17	
CP03-DE	1.105,60	2,92	800,00	20,53	429,80	428,00	428,60	428,00	1,20	0,00	3.620,34	
CP08-DE	1.779,40	3,87	1.000,00	20,66	430,00	428,00	428,80	428,00	1,20	0,00	4.085,94	
CP13-DE	901,40	9,98	600,00	23,05	433,50	430,00	432,30	430,00	1,20	0,00	1.680,65	
CP18-DE	332,10	6,54	600,00	33,66	438,20	435,00	437,20	435,00	1,00	0,00	1.360,51	



Tabela 39 – Dimensionamento das tubulações do sistema pluvial na área da ETE e Biogás.

ÁREAS DE DRENAGEM										Áreas Trib. a Montante					Vazão de Dim.		
Área Drenada	Trecho			Cota Tubulação			Comp. (m)	Dec. (m/m)	C	A (m <sup>2</sup> )	C.A (m <sup>2</sup> )	Σ C.A	Tempo de escoamento (min)			i (m/s)	Qtrecho. (m <sup>3</sup> /s)
	Mont	Jus		Mont	Jus	Dif.							Mont	Trecho	13		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16	
BIOGAS	BL-01	BL-02	434,80	434,70	0,10	5,20	0,0192	0,6	39,58	23,7	23,7	23,7	10,00	0,05	0,00005503	0,001	
BIOGAS	BL-03	BL-04	434,80	434,45	0,35	5,20	0,0673	0,6	71,98	43,2	43,2	43,2	10,00	0,02	0,00005503	0,002	
BIOGAS	BL-02	BL-04	434,70	434,45	0,25	24,00	0,0104	0,9	265,17	238,7	262,4	262,4	10,00	0,29	0,00005503	0,014	
BIOGAS	BL-04	PVD-01	434,45	434,35	0,10	5,50	0,0182	0,9	226,5	203,9	509,4	509,4	10,29	0,05	0,00005423	0,028	
BIOGAS	BL-05	BL-06	434,80	434,25	0,55	5,20	0,1058	0,6	80	48,0	48,0	48,0	10,00	0,02	0,00005503	0,003	
BIOGAS	PVD-01	BL-06	434,35	434,25	0,10	9,00	0,0111	0,6	0	0,0	557,4	557,4	10,34	0,10	0,00005409	0,030	
BIOGAS	BL-06	BL-07	434,25	434,10	0,15	15,50	0,0097	0,9	211,5	190,4	747,8	747,8	10,44	0,19	0,00005381	0,040	
BIOGAS	BL-07	BL-08	434,10	434,00	0,10	5,20	0,0192	0,9	183	164,7	912,5	912,5	10,63	0,05	0,00005330	0,049	
EITE	BL-08	BL-04	434,00	432,50	1,50	27,40	0,0547	0,6	26	15,6	928,1	928,1	10,68	0,14	0,00005318	0,049	
EITE	BL-01	BL-02	432,80	432,75	0,05	4,50	0,0111	0,6	120	72,0	72,0	72,0	10,00	0,05	0,00005503	0,004	
EITE	BL-02	BL-03	432,75	432,60	0,15	13,50	0,0111	0,6	120	72,0	144,0	144,0	10,05	0,16	0,00005489	0,008	
EITE	BL-03	BL-04	432,60	432,50	0,10	5,00	0,0200	0,6	32,16	19,3	163,3	163,3	10,21	0,04	0,00005445	0,009	
EITE	BL-05	BL-06	432,80	432,30	0,50	5,00	0,1000	0,6	85	51,0	51,0	51,0	10,00	0,23	0,00005503	0,003	
EITE	BL-04	BL-06	432,50	432,30	0,20	19,50	0,0103	0,6	32	36,0	1127,4	1127,4	10,82	0,23	0,00005280	0,060	
EITE	BL-06	PVD-01	432,30	432,00	0,30	2,50	0,1200	0,6	32	19,2	1197,6	1197,6	11,06	0,01	0,00005220	0,063	
EITE	PVD-01	EMIS	432,00	425,00	7,00	120,00	0,0583	0,6	0	0,0	1197,6	1197,6	11,06	0,00	0,00005218	0,062	
<b>Galeria</b>																	
Área Drenada	Trecho		Dia. (cm)	I (m/m)	V (m/s)	Oseção plena	h (m)	Prof.		Cota do terreno		Obs.					
	Mont	Jus						Mont	Jus	Mont	Jus		Mont	Jus			
1	2	3	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26					
BIOGAS	BL-01	BL-02	30	0,0192	1,90	0,134	0,10	1,20	1,30	436,00	436,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
BIOGAS	BL-03	BL-04	30	0,0673	3,55	0,251	0,35	1,20	1,55	436,00	436,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
BIOGAS	BL-02	BL-04	30	0,0104	1,40	0,099	0,25	1,30	1,55	436,00	436,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
BIOGAS	BL-04	PVD-01	30	0,0182	1,84	0,130	0,10	1,55	1,65	436,00	436,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
BIOGAS	BL-05	BL-06	30	0,1058	4,45	0,314	0,55	1,20	1,75	436,00	436,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
BIOGAS	PVD-01	BL-06	30	0,0111	1,44	0,102	0,10	1,65	1,75	436,00	436,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
BIOGAS	BL-06	BL-07	30	0,0097	1,35	0,095	0,15	1,75	1,90	436,00	436,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
BIOGAS	BL-07	BL-08	30	0,0192	1,90	0,134	0,10	1,90	2,00	436,00	436,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
EITE	BL-08	BL-04	30	0,0547	3,20	0,226	1,50	2,00	1,50	436,00	434,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
EITE	BL-01	BL-02	30	0,0111	1,44	0,102	0,05	1,20	1,25	434,00	434,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
EITE	BL-02	BL-03	30	0,0111	1,44	0,102	0,15	1,25	1,40	434,00	434,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
EITE	BL-03	BL-04	30	0,0200	1,93	0,137	0,10	1,40	1,50	434,00	434,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
EITE	BL-05	BL-06	30	0,1000	4,33	0,306	0,50	1,20	1,70	434,00	434,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
EITE	BL-04	BL-06	30	0,0103	1,39	0,098	0,20	1,50	1,70	434,00	434,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
EITE	BL-06	PVD-01	30	0,1200	4,74	0,335	0,30	1,70	1,00	434,00	433,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					
EITE	PVD-01	EMIS	30	0,0583	3,30	0,234	7,00	1,00	0,00	433,00	425,00	Diâmetro mínimo atende à vazão drenada					

Fonte: Habitat Ecológico (2017).





Tabela 40 – Cálculo de contribuição do sistema pluvial.

Vazão de contribuição para CP					
Caixa de passagem de Aguas Pluviais (Nº)	Área de contribuição (ha)	Vazão (m³/s)	Caixa de passagem de Aguas Pluviais (Nº)	Área de contribuição (ha)	Vazão (m³/s)
21	0,0974	0,1057	65	0,1156	0,1254
20	0,1847	0,2004	64	0,2095	0,2273
19	0,2813	0,3052	63	0,2924	0,3173
18	0,3061	0,3321	62	0,3235	0,3510
17	0,4171	0,4526	61	0,1771	0,1922
16	0,4879	0,5294	60	0,2681	0,2909
15	0,6047	0,6561	59	0,3726	0,4043
14	0,7712	0,8368	58	0,4175	0,4530
13	0,8308	0,9014	57	0,2237	0,2427
12	1,0668	1,1575	56	0,4057	0,4402
11	1,2997	1,4102	55	0,6182	0,6707
10	1,3226	1,4350	54	0,7147	0,7754
9	1,5460	1,6774	52	0,0000	0,0000
8	1,6400	1,7794	51	0,1711	0,1856
7	0,2949	0,3200	50	0,3988	0,4327
6	0,5649	0,6129	49	0,4815	0,5224
5	0,6966	0,7558	47	0,4609	0,5001
4	0,9472	1,0277	46	0,5226	0,5670
3	1,0190	1,1056	45	0,5726	0,6213
1	0,1114	0,1209	43	0,3028	0,3285
0	0,1307	0,1418	42	0,5124	0,5560
0	0,1740	0,1888	41	0,7891	0,8562
2	0,2478	0,2689	40	0,0000	0,0000
1	0,2718	0,2949	39	0,1892	0,2053
84	0,0000	0,0000	38	0,3259	0,3536
83	0,0822	0,0892	37	0,0271	0,0294
82	0,1896	0,2057	36	0,1131	0,1227
81	0,3266	0,3544	35	0,1695	0,1839
80	0,3137	0,3404	34	0,0000	0,0000
79	0,6375	0,6917	33	0,0604	0,0655
78	1,0447	1,1335	32	0,1514	0,1643
77	1,4640	1,5884	31	0,2007	0,2178
76	1,8660	2,0246	30	0,0000	0,0000
75	2,0090	2,1798	29	0,0462	0,0501
74	0,5970	0,6477	28	0,1509	0,1637
73	0,9651	1,0471	27	0,1509	0,1637
72	1,2175	1,3210	26	0,0000	0,0000
71	1,4468	1,5698	25	0,2220	0,2409
70	1,5128	1,6414	24	0,3362	0,3648
69	0,2248	0,2439	87	0,0924	0,1003
68	0,3980	0,4318	86	0,1348	0,1463
67	0,5450	0,5913	23	0,1968	0,2135
66	0,5927	0,6431			

Fonte: Habitat Ecológico (2017).





Tabela 41 – Cálculo de contribuição do sistema pluvial.

Vazão Pluvial			
Caixas de passagem	Área de contribuição (ha)	Vazão (l/s)	Vazão acumulada (m³/s)
31	0,2007	217,76	217,76
27	0,1509	163,73	381,49
24	0,3336	361,98	743,46
23a	0,0000	0,00	743,46
23	0,1968	213,53	956,99
22	0,0000	0,00	956,99
35	0,1695	183,91	183,91
38	0,3259	353,60	537,51
41	0,7891	856,17	1.393,68
44	0,0000	0,00	1.393,68
45A	0,5726	621,27	2.014,95
48		0,00	2.014,95

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

### Dimensionamento da lagoa de retenção

A lagoa de retenção tem por finalidade acondicionar e encaminhar para o rio toda a água gerada na área do aterro sanitário antigo que está desaguando na área do novo aterro sanitário. Esta lagoa foi dimensionada com um tempo de retardo com a finalidade ser mantida as águas pluviais por um determinado período na lagoa com a finalidade de dissipar amortecer e dissipar toda a energia da água pluvial vinda do aterro antigo.

Para obtermos este tempo de retardo, foi utilizado o TR de 05 anos, utilizando-se as fórmulas já adequadas ao município, teremos os seguintes resultados:

$$i = \frac{1062 * 5^{0,141}}{(14,33 + 5)^{0,776}}$$

$$i = 133,83 \text{ mm/h}$$

$$Q = C * i * A$$

$$Q = 0,8920 * A$$

A vazão de cálculo proveniente do aterro sanitário antigo foi calculada em função da área de contribuição do mesmo, o qual foi retirado do projeto antigo e reavaliado com a situação atual do aterro.

$$A = 4,11 \text{ ha}$$

Então

$$Q = 1,08 * 4,11 = 4,43 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Será implantado um canal de forma trapezoidal revestido com grama com finalidade de coletar e transportar as águas pluviais diretamente para a lagoa de retenção. Em sequência será





implantado um sistema de drenagem pluvial para transportar até o dissipador e, em seguida, encaminhar para o Rio São Francisco.

A lagoa de retenção possui 66,70 m de comprimento por 41,25 m e profundidade de 4,00m, sendo adotado como profundidade útil 3,50 m. O volume de armazenamento é de 7.757,93 m<sup>3</sup>.

A base da lagoa de retenção será impermeabilizada na base por meio da utilização de geomembrana de PEAD de 1,00 mm, compatível ao carregamento, e a saída dos líquidos armazenados será feito por meio de uma comporta em fibra de vidro, de acionamento manual, instalada na tubulação de saída da lagoa, onde podemos controlar a vazão de saída. Ver detalhes nas pranchas 049 e 050.

Buscando realizar uma infiltração parcial dos líquidos retidos na lagoa, fazendo a impermeabilização da base, com a finalidade de procurar sempre reduzir ao máximo a quantidade de líquidos retidos, evitando a proliferação de vetores. Estes líquidos serão utilizados para realizar a aspersão nas gramas e auxiliar na eliminação de poeiras na área do empreendimento.

O canal terá formato trapezoidal com dimensões da seção transversal de 2,00 x 0,80 x 1,20 com um comprimento de 180,85 m com capacidade de absorver toda a massa de água pluvial da área do aterro antigo. Na entrada da Lagoa de Retenção será instalada uma descida da água em forma de degraus em concreto armado, ver detalhes nas Pranchas 048, 049 e 050. A equação de controle de vazão levou em conta os dados abaixo:

Área molhada = 1,68 m<sup>2</sup>;

Perímetro molhado = 3,483 m;

Raio hidráulico = 0,4823 m

Substituindo-se, da equação

$$Q = \frac{1}{n} * S * Rh^{2/3} * I^{0,5}$$

Têm-se:

$$Q = 46,99 * I^{0,5}$$

Verificar na Prancha 043 todas declividades estabelecidas no canal e nas linhas de drenagem pluvial após a lagoa.

A capacidade de vazão em cada trecho do canal (Ver Prancha 041) foi calculada e descrita abaixo:

Vazão trecho 01 = 9,75 m<sup>3</sup>/s

Vazão trecho 02 = 10,18 m<sup>3</sup>/s

Vazão trecho 03 = 5,37 m<sup>3</sup>/s

Vazão trecho 04 = 6,07 m<sup>3</sup>/s

A Tabela 42, apresenta o dimensionamento do sistema de drenagem pluvial após a lagoa de retenção.





Tabela 42 – Sistema de Drenagem Pluvial após a lagoa de retenção.

Caixa pluvial	EXTRAVASOR	CP70-CP71	CP71-CP72	CP72-CP73	CP73-CP74	CP74-DE
Vazão contribuinte - (l/s)	3.660,00	3.660,00	3.660,00	3.660,00	3.660,00	3.660,00
Declividade I%	2	2,24	2,64	2,5	7,17	5
Diâmetro - tubo (mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Distância	50	53,5	37,81	40	27,9	71,95
Cota terreno (m)	443	447,5	445,5	442	438	435
	447,5	445,5	442	438	435	430
Cota final (m)	443	442	440,8	437,6	435,6	433,6
	442	440,8	439,8	436,6	433,6	430
Profundidade (m)	0	5,5	4,7	4,4	2,4	1,4
	5,5	4,7	2,2	1,4	1,4	0
Vazão Plena (l/s)	4.778,63	5.057,22	5.490,23	5.342,67	9.047,90	7.555,67
Velocidade plena (m/s)	0,77	4,47	4,85	4,72	8	6,68
Q/Qpl	0,77	0,72	0,67	0,68	0,4	0,48
Y/D	0,09	0,55	0,53	0,62	0,5	0,55
V/Vpl	0,29	0,84	0,82	0,95	0,79	0,84
V (m/s)	0,22	3,75	3,98	4,48	6,32	5,61

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

**Canaletas de Berma (C1 – C2)**

As canaletas de berma foram dimensionadas através das equações de Manning, apresentadas a seguir:

$$V = \frac{1}{n} * 0,397 * D^{2/3} * I^{0,5}$$

$$Q = \frac{1}{n} * S * Rh^{2/3} * I^{0,5}$$

Onde:

Q - Vazão em m<sup>3</sup>/s;

V - Velocidade em m/s;

n - Coeficiente de rugosidade de Manning;

I<sub>o</sub> - Declividade do canal;

Sh - Área molhada;

Ph : Perímetro molhado; e,

Rh - Raio hidráulico: Rh = Sh / Ph.

As canaletas a serem utilizar terão seção a meia cana, com diâmetros de 300mm e 600mm.





Canaleta de 300mm:

$$D = 0,30\text{m}$$

$$Sh = 0,0353$$

$$Ph = 0,4712$$

$$Rh = 0,075$$

$$n = 0,013$$

$$Q = \frac{1}{n} * S * Rh^{2/3} * I^{0,5}$$

$$V = \frac{1}{n} * 0,397 * D^{2/3} * I^{0,5}$$

Então:

$$Q = 0,48 * I^{0,5}$$
$$V = 13,68 * I^{0,5}$$

Canaleta de 600mm:

$$D = 0,60\text{m}$$

$$Sh = 0,0,1414$$

$$Ph = 0,9425$$

$$Rh = 0,15$$

$$n = 0,013$$

Então:

$$Q = 3,00 * I^{0,5}$$
$$V = 21,73 * I^{0,5}$$

### Valetas de proteção

Para conter as águas externas ao maciço foram dimensionadas as valetas de proteção sem revestimento. Estas valetas estão interligadas a poços de armazenamento e infiltração, o que acarretará em uma diminuição de líquidos na área de operação, facilitando o processo de controle de erosão em toda área do aterro.

Esta valeta terá uma forma trapezoidal (Ver prancha 051). A seção de escoamento terá uma altura de 0,50 m (0,40 m de altura útil) e largura de 1,00 m (ver mapa com detalhes do sistema pluvial). Os dimensionamentos (Tabela 43) das vazões foram feitos pela equação de Manning e obtendo-se a seguinte equação para cálculo:

$$Q = 7,734 * I^{0,5}$$



$$V = 8,529 * I^{0,5}$$

Tabela 43 – Dimensionamento das valetas de proteção

Valeta de proteção	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	Vazão de contribuição (m <sup>3</sup> /s)	Capacidade de escoamento da valeta (m <sup>3</sup> /s)
VP01	9.328,14	1,01	1,33
VP02	12.853,00	1,39	1,33
VP03	5.749,00	0,62	1,46
VP04	10.202,00	1,11	1,27
VP05	5.207,00	0,57	1,49
VP06	8.549,00	0,93	1,48

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

### Descidas d'água

Este dispositivo fará com que a coleta das águas pluviais na estrutura do maciço e juntamente com as canaletas sejam encaminhadas as águas pluviais para o sistema de dissipação. Estas descidas serão por geocélulas em formato trapezoidal. Para seu dimensionamento foi utilizada a equação de Manning e, também, através das seguintes fórmulas:

$$Sh = y(b + yz)$$

$$Ph = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

Onde:

Sh = Área molhada

Ph = perímetro molhado

b = Largura da base;

y = Altura da lâmina d'água; e,

z = Inclinação das paredes.

Para a coleta das águas pluviais geradas nas camadas do aterro será utilizado o Colchão Reno argamassado que é denominado de geocélulas. O traço para a argamassa é de 4:1, espessura de 50 mm e junta de dilatação a cada 02 metros. Todos os detalhes são especificados nas pranchas 039 e 040.

A geocélula é uma excelente alternativa para sistema de controle de erosão de taludes de aterro e de corte em geral, não reforçados, podendo ser utilizados como material de preenchimento material granular, concreto, vegetação, Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou o próprio solo local. As propriedades de confinamento e drenagem da geocélula, quando incorporada ao material de preenchimento, minimizam os efeitos da erosão e promovem proteção de longo prazo na face do talude. As geocélulas são flexíveis e acompanham a acomodação das camadas de resíduos sem diminuir a sua capacidade de escoamento e sua capacidade de impermeabilização para o escoamento da água pluvial.

A seção trapezoidal das geocélulas foi dimensionada de acordo com os resultados apresentados na Tabela 40 e Tabela 41.





O colchão Reno varia de acordo com a largura da base e altura da camada, para isso temos que fazer os cálculos de acordo com esta geometria, por isso temos os detalhes de descida d'água tipo A, B e C.

#### 2.4.4 Sistema de Drenagem e Remoção de Percolado

O resíduo confinado em aterros sanitários sofre um processo de decomposição predominantemente anaeróbico. Nesse processo, o carbono combina-se com o hidrogênio, formando o metano ( $\text{CH}_4$ ), que é inflamável quando misturado com o ar na proporção de 10 a 15%, podendo também provocar a morte por asfixia se invadir, de forma descontrolada e em condições peculiares, instalações próximas ao aterro.

As águas provenientes da precipitação direta sobre o aterro sanitário, bem como as provenientes do escoamento superficial das áreas adjacentes, tendem a se infiltrar através do maciço de resíduos, carreando poluentes que, juntamente com o chorume oriundo da decomposição dos resíduos depositados, constituem material de alta carga poluidora (percolado), semelhante ao esgoto doméstico, porém com concentrações e diferentes tipos de poluentes bastante superiores.

Para cada célula do aterro deverão ser instalados drenos horizontais de chorume interligados aos drenos verticais, de condução periférica dos líquidos percolados, formando uma malha de drenagem, previamente ao lançamento do resíduo sólido e à medida que o aterro for sendo alteado. De um modo geral, recomenda-se que a distância entre os drenos verticais seja de 30 a 50 m. Neste projeto, foi utilizado como critério a distância média entre os drenos verticais igual a 30 m, as quais apresentam um raio de ação para realizar a captação de forma eficiente dos gases a serem gerados pelo Aterro Sanitário. Ressalta-se que distâncias menores elevam os custos de implantação do mesmo.

Esses dispositivos estarão interligados ao sistema de drenagem horizontal, cuja finalidade é captar todo o chorume proveniente desta área de contribuição e conduzi-lo através de drenos, denominados drenos principais, para a estação de tratamento de líquidos percolados.

A drenagem será realizada através de meios porosos, areia grossa, na forma de colchão drenante com espessura de 0,60m, englobando toda a área do aterro, com dreno longitudinal em tubo de PEAD. Os detalhamentos podem ser verificados nas Pranchas 008, 014, 020, 024, 029 e 031.

O Fator de Segurança adotado foi de  $FS = 1,5$ , de forma a aumentar a vida útil do dreno, que estará sujeita a severos efeitos de colmatação. O escoamento deverá se processar mesmo na condição de total obstrução. A altura máxima da lâmina líquida na seção porosa deverá ser de 30%, conforme orientação da ABNT NBR 13.896/1997.

Para o cálculo da área de influência para a formação do colchão drenante foi verificado a espessura mínima a ser adotada para garantir que não haja obstrução do escoamento. Foi realizado o cálculo para cada base. Para facilitar o escoamento será utilizado tubo de PEAD perfurado (tipo "kananet"), cujo diâmetro adotado foi de 200mm em formato de espinha de peixe.





Para a proteção da geomembrana e do geotêxtil especificou-se uma camada de areia grossa no colchão drenante de 0,60 m, atendendo as premissas de fluxo para as vazões de líquidos percolados esperados.

### Colchão drenante

Os parâmetros hidráulicos dos materiais utilizados para drenagem de percolados e descritos na literatura encontram-se detalhados na Tabela 44.

**Tabela 44 – Condutividade hidráulica.**

Tipo do Material	Granulometria (cm)	Coefficiente de permeabilidade K (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,50 a 1,0	5
Areia Grossa	0,20 a 0,5	0,1
Areia Fina	0,005 a 0,04	10-3
Silte	0,0005 a 0,005	10-5
Argila	Menor que 0,0005	10-8

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Foi utilizada a fórmula de Darcy para o cálculo da camada drenante mínima:

$$A = \frac{Q}{K * i}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s);

K = Coeficiente de permeabilidade (m/s);

i = Gradiente hidráulico (declividade da base); e,

A = Área de contribuição para formação do colchão drenante (m<sup>2</sup>).

Os cálculos utilizados para o dimensionamento mínimo da espessura do colchão drenante nos levaram aos seguintes resultados (Tabela 45):

**Tabela 45 – Vazão de líquidos percolados por base de contribuição.**

Vazão de líquidos percolados		
Bases	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	Vazão (l/s)
BASE 01	17.708,37	0,0631
BASE 02	23.137,13	0,0825
BASE03	19.157,20	0,0699
BASE 04	21.666,83	0,0772
BASE 05	16.285,46	0,0580
BASE 06	22.760,51	0,0811
TOTAL		0,4318

Fonte: Habitat Ecológico (2017).





Utilizando a fórmula de Darcy, podemos obter as espessuras mínimas calculadas. Para garantir uma proteção de segurança para a geomembrana utilizaremos uma espessura de 0,60m em todas as bases. Na Tabela 46 estão descritos os cálculos para a seção mínima necessária para a drenagem dos líquidos percolados sem problemas de obstrução (colmatação) do meio drenante.

Tabela 46 – Dimensionamento do colchão drenante.

Colchão Drenante – Areia Grossa						
Base	Vazão (cm³/s)	Comprimento linear da base (cm)	Gradiente Hidráulico	Área transversal (cm²)	Espessura mínima (cm)	Espessura adotada (cm)
1	63,10	29.000,00	0,0400	236.625,00	8,16	60,00
2	82,50	27.750,00	0,0290	426.724,14	15,38	60,00
3	69,90	16.800,00	0,0345	303.913,04	18,09	60,00
4	77,20	18.400,00	0,0506	228.858,75	12,44	60,00
5	58,00	21.000,00	0,0460	189.130,43	9,01	60,00
6	81,10	25.000,00	0,0405	300.370,37	12,01	60,00

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Estabeleceu-se a utilização de uma camada de 60 cm de areia grossa sobre a geomembrana de PEAD de maneira a facilitar a movimentação de maquinário na base e proteção do sistema de impermeabilização.

### Sistema de coleta e transporte dos líquidos percolados

Visando o transporte dos líquidos percolados coletados na saída do colchão drenante, foi dimensionado um sistema com tubulação de PEAD DN150mm e de caixas coletoras. Ver perfil e detalhes na Prancha 038.

Em função da declividade do terreno torna-se necessária a instalação de elevatórias para o encaminhamento destes líquidos à ETE.

Para os cálculos foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$D = \frac{0,0427 * Qf^{0,375}}{\sqrt{S}}$$

$$Q_{cheio} = \frac{0,3117 * D^{\frac{8}{3}} * S^{0,5}}{n}$$

$$V_{cheio} = \frac{D^{\frac{2}{3}} * S^{0,5}}{2,52 * n}$$

Onde:

Qcheio= Vazão considerando a tubulação com seção a 100% de utilização (m³/s);

Vcheio= Velocidade considerando a tubulação a 100% de utilização (m/s).

D = Diâmetro da tubulação (m);





$Q_f$  = Vazão final ( $m^3/s$ );

$S$  = Declividade ( $m/m$ );

$n$  = Coeficiente de Manning = 0,010 (adimensional);  $e$ ,

$V$  = Velocidade dos líquidos na tubulação( $m/s$ ).

A Tabela 47, apresenta o Dimensionamento sistema de coleta e transporte de líquidos percolados.

**Tabela 47 – Dimensionamento sistema de coleta e transporte de líquidos percolados.**

Trecho	Extensão (m)	Vazão (l/s)	Diâmetro DN	Declividade (m/m)	Cota terreno (m)		Cota final (m)		Profundidade (m)		Vazão Plena (l/s)	Velocidade plena (m/s)	Q/Qpl	Y/D	V/Vpl	V (m/s)
					Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante						
CC15-CC16 (elev.)	66,27	0,06955	150	2,57	434,50	432,80	433,90	432,20	0,60	0,60	0,42	1,95	0,17	0,329	0,64	1,25
CC14a-cc12	35,76	0,1391	150	6,15	439,00	436,80	438,40	436,20	0,60	0,60	0,60	2,78	0,23	0,381	0,69	1,92
CC12-CC07	168,9	0,2163	150	2,96	436,80	431,80	436,20	431,20	0,60	0,60	0,42	1,93	0,52	0,579	0,86	1,66
CC07-CC08	71,65	0,23692	150	2,09	431,80	430,50	431,20	429,70	0,60	0,80	0,35	1,62	0,68	0,69	0,95	1,54
CC08-CC09(elev.)	67,02	0,2554	150	2,39	430,50	432,50	429,70	428,10	0,80	4,40	0,36	1,68	0,71	0,69	0,95	1,60
CC10-CC09	19,23	0,02062	150	1,56	434,00	432,50	431,30	431,00	2,70	1,50	0,30	1,40	0,07	0,075	0,26	0,36
CC013-CC12	53,42	0,03495	150	5,62	435,00	432,00	434,00	431,00	1,00	1,00	0,21	0,99	0,16	0,075	0,26	0,26
CC12-CC06	24,36	0,0699	150	4,11	432,00	431,20	431,00	430,00	1,00	1,20	0,49	2,27	0,14	0,291	0,59	1,34
CC06-CC05	30,62	0,08567	150	3,27	431,20	430,00	430,00	429,00	1,20	1,00	0,44	2,03	0,19	0,347	0,66	1,34
CC05-CC04	43,37	0,10144	150	1,84	430,00	429,00	429,00	428,20	1,00	0,80	0,33	1,52	0,31	0,443	0,74	1,12
CC04-CC03	50,77	0,11721	150	1,38	429,00	431,00	428,20	427,50	0,80	3,50	0,28	1,32	0,42	0,499	0,79	1,04
CC03-CC02(elev.)	25,73	0,13298	150	0,78	431,00	432,00	427,50	427,30	3,50	4,70	0,21	0,99	0,63	0,642	0,91	0,90

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Na Tabela 47 temos os seguintes parâmetros:

$Q/Q_{pl}$  = Vazão de líquidos percolados dividido pela vazão plena da tubulação (adimensional);

$Y/d$  = Altura da Lâmina da água na tubulação calcula dividida pelo diâmetro da tubulação;

$V/V_{pl}$  = Velocidade dos líquidos calculada na tubulação dividida pela velocidade a seção cheia (adimensional).

Os líquidos percolados gerados nas bases 05 e 06 serão coletados e encaminhados para a estação elevatória. A estação elevatória fará o recalque para a CC 14 a e depois segue para a Elevatória 02 que enviará para a ETE. Verificar na Prancha 053 os detalhes da elevatória, do sistema de bombeamento a ser executado e as características da bomba a ser utilizada. As especificações do sistema de bombeamento estão no item 2.4.6 – conjuntos elevatórios.

## 2.4.5 Sistema de Drenagem de Gases

É clássico, em Aterros Sanitários, prever-se um sistema de chaminés (drenos verticais) para facilitar a coleta e a remoção destes gases do interior da massa de lixo. A dimensão e o espaçamento dos drenos geralmente são empíricos.

No caso deste projeto, previu-se um espaçamento de cerca de 30 m entre as chaminés, quando necessário, valor considerado conservador. O sistema de drenagem será constituído por uma placa de base de concreto com tubo perfurado em concreto DN 300 envoltos com uma camada de pedra britada tipo rachão – granulometria 400 mm a 250 mm. O confinamento da brita se dá por meio de uma tela tipo alambrado soldado galvanizado (fio esp.  $\varnothing$  2,5 mm e abertura de 150 mm x 50 mm) e georrede com espessura de 5 mm.

MacNet<sup>®</sup> é uma georrede produzida a partir da extrusão de uma malha romboidal (losangos) de PEAD caracterizada pela sobreposição de duas séries de fios paralelos que conferem ao produto uma notável resistência a compressão garantindo assim uma elevada transmissividade. Auxilia a tela galvanizada a suportar a camada de brita tipo rachão que envolve a tubulação de concreto





e dar maior sustentabilidade para o dreno de gás. Como informações adicionais: largura: 2,0 m; comprimento: 50 m; cor: preta e gramatura: 730 g/m<sup>2</sup>.

Na parte superior será instalado um queimador aberto de gases simplificado, construído em chapa metálica (chapéu) e tubo de ferro leve  $\varnothing$  4". (Ver prancha 068). Os mesmos serão implantados em toda a altura do Aterro Sanitário, projetando-se acima da cobertura final e interligadas no fundo do aterro com a drenagem do chorume. Cada queimador (flare) simplificado deverá possuir um registro de manobra que poderá desviar o biogás para a tubulação de coleta, visando o aproveitamento energético, ou mantê-lo queimando no próprio aterro. Sendo suficiente o sistema proposto, justifica-se a não utilização de um queimador específico no Sistema de Acumulação e Filtragem de Biogás.

#### 2.4.5.1 Aproveitamento Energético do Biogás

O presente item procurou atender às exigências estabelecidas no Termo de Referência no que diz respeito à coleta, condicionamento e armazenamento do Biogás gerado no aterro sanitário. Salienta-se que, novamente, como estabelecido no Termo de Referência, que o projeto de aproveitamento energético do biogás foi realizado em nível de concepção e a Tabela 48 apresenta cada item exigido no Termo de Referência, com seu respectivo item de atendimento nesse memorial e nas pranchas do Projeto Executivo de Engenharia do Novo Aterro Sanitário.

**Tabela 48 – Atendimento aos Itens do Aproveitamento Energético do Biogás como estabelecido no TR.**

<b>Termo de Referência – Anexo 12 – Item 7.5.5.1</b>	<b>Memorial</b>	
Potencial de Geração de Biogás	Produto 2 - Tomo I - Item 2.4.5.1 Aproveitamento Energético do Biogás	a) Caracterização do Biogás b) Produção do Biogás b.1) Produção Específica de Biogás Resíduos Destinados ao Aterro Sanitário a serem considerados b.2) Produção de Biogás dos Resíduos Destinados ao Aterro
Projeção de Consumo Energético	Produto 2 - Tomo I - Item 2.4.5.1 Aproveitamento Energético do Biogás	b.3) Uso do Biogás
Descrição do Processo de Coleta, Condicionamento e Armazenamento do Biogás	Produto 2 - Tomo I - Item 2.4.5.1 Aproveitamento Energético do Biogás	b.4) Uso do Biogás
Planta da Área do Empreendimento	Produto 2 – Tomo VI	Pranchas 067, 068 e 069

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

#### a) Caracterização do Biogás

Em condições anaeróbias, a matéria orgânica componente do lixo se decompõe, produzindo gases (biogás) com taxas específicas (m<sup>3</sup>/t) variáveis. Dos gases produzidos, destacam-se o gás metano e o gás carbônico, cuja porcentagem relativa varia com o tempo de decomposição. Quanto a composição do biogás a Tabela 49 apresenta valores clássicos, obtido em Aterros





Sanitários, que serão utilizados no estudo do aproveitamento energético. Também foram apresentadas informações relativas ao biogás no item 2.2.6.

**Tabela 49 – Composição média do gás no resíduo sólido.**

Componentes	Valores (Porcentagem)
Metano (CH <sub>4</sub> )	62
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	38
Outros	Traços

Fonte: Obladen, Obladen e Barros. (2009).

## b) Produção do Biogás

### b.1) Produção Específica de Biogás

A produção de biogás de um Aterro Sanitário possui várias formulações para o seu cálculo. Existem inúmeros fatores que podem ser enumerados como: idade do aterro, conteúdo da mistura de lixo, temperatura do aterro, entre outros.

Numa primeira aproximação, Aisse e Bollmann (1988) consideram em seus estudos que todo o resíduo depositado em um aterro sanitário seria decomposto em 20 anos. Em termos de perdas, considera-se que durante a construção ocorrem perdas que podem chegar a 50 % em volume. Após a construção as perdas são reduzidas para cerca de 20 %.

Neste trabalho, utilizou-se a produção de biogás específica (Nm<sup>3</sup>/t), ou seja, por tonelada de resíduos, ao longo do tempo, ilustrada pelas Tabela 50 e Figura 29, que totalizam uma produção capaz de ser utilizada de 83,85 Nm<sup>3</sup>/t.20 anos.

**Tabela 50 – Produção de biogás (Nm<sup>3</sup>/t) ao longo do tempo (anos) num Aterro Controlado, com perdas.**

Tempo (anos)	Prod. Teor. c/ Perdas (Nm <sup>3</sup> /t)	Tempo (anos)	Prod. Teor. c/ Perdas (Nm <sup>3</sup> /t)
1	0	11	2,74
2	21,71	12	2,62
3	12,04	13	2,50
4	7,15	14	2,39
5	4,65	15	2,29
6	3,46	16	2,18
7	3,30	17	2,08
8	3,15	18	1,98
9	3,01	19	1,90
10	2,88	20	1,82
		<b>Total</b>	<b>83,85</b>

Fonte: Aisse e Bollmann (1988).



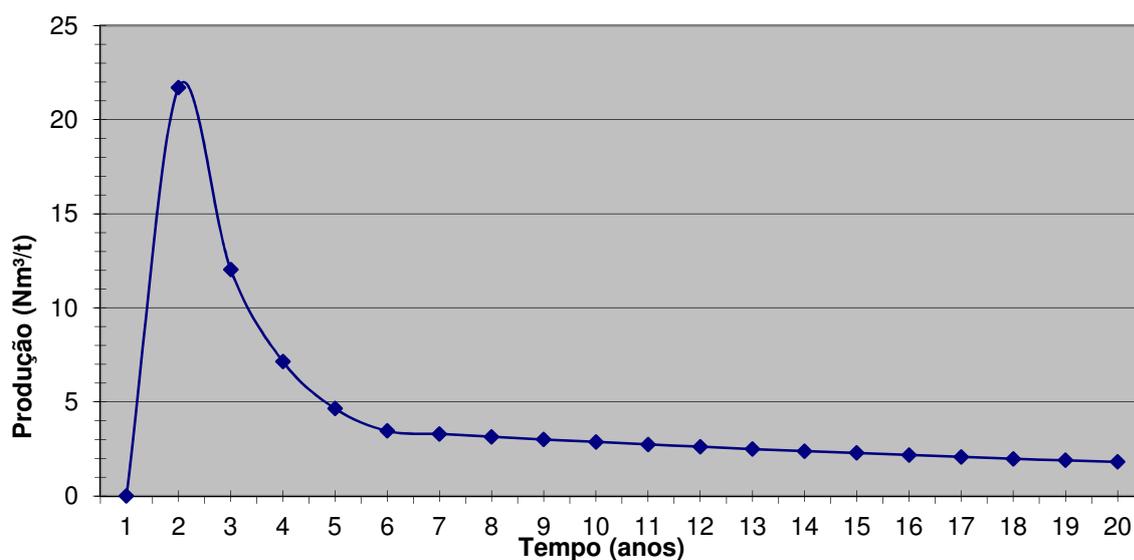


Figura 29 – Produção de biogás (Nm<sup>3</sup>/t) ao longo do tempo (anos) num Aterro Controlado, considerando perdas.  
Fonte: Aisse e Bollmann (1988).

### b.2) Resíduos Destinados ao Aterro Sanitário a serem considerados

A quantidade de resíduos destinada ao Aterro a ser utilizada na produção de biogás está apresentada na Tabela 51, presente no **Anexo D** – Estudo de Caracterização de Resíduos, Tomo II.



## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

Tabela 51 – Cenário Normativo 2018-2060 (população urbana e rural).

Ano	Cenário Normativo								
	Redução de resíduos recicláveis dispostos em aterro		Redução de resíduos orgânicos dispostos em aterro		Total de Redução de Resíduos Orgânicos e Recicláveis	Recicláveis destinados ao Aterro	Orgânicos destinados ao Aterro	Rejeitos destinados ao Aterro	Total de Resíduos Destinados ao Aterro Sanitário
	%	t/ano	%	t/ano	t/ano	t/ano	t/ano	t/ano	t/ano
2.018	49%	4.018	38%	5.209	9.227	4.182	8.499	9.036	21.717
2.019	50%	4.241	40%	5.672	9.912	4.241	8.507	9.346	22.094
2.020	50%	4.386	42%	6.159	10.545	4.386	8.505	9.666	22.556
2.021	51%	4.626	45%	6.824	11.450	4.445	8.340	9.995	22.780
2.022	52%	4.877	47%	7.369	12.246	4.502	8.310	10.335	23.146
2.023	53%	5.139	50%	8.105	13.244	4.557	8.105	10.685	23.347
2.024	54%	5.413	51%	8.546	13.959	4.611	8.211	11.045	23.867
2.025	56%	5.802	53%	9.180	14.982	4.559	8.141	11.417	24.117
2.026	57%	6.104	54%	9.667	15.771	4.605	8.235	11.800	24.640
2.027	58%	6.419	55%	10.175	16.594	4.648	8.325	12.195	25.168
2.028	58%	6.633	56%	10.706	17.339	4.803	8.412	12.601	25.816
2.029	59%	6.972	58%	11.457	18.429	4.845	8.297	13.020	26.162
2.030	59%	7.203	59%	12.041	19.244	5.005	8.368	13.452	26.825
2.031	60%	7.567	60%	12.650	20.218	5.045	8.434	13.897	27.376
2.032	60%	7.817	60%	13.068	20.885	5.211	8.712	14.356	28.279
2.033	60%	8.074	60%	13.498	21.572	5.383	8.998	14.828	29.209
2.034	61%	8.478	61%	14.173	22.651	5.420	9.061	15.315	29.796
2.035	61%	8.756	61%	14.637	23.392	5.598	9.358	15.816	30.772
2.036	61%	9.041	61%	15.115	24.156	5.781	9.663	16.332	31.776
2.037	62%	9.489	62%	15.863	25.352	5.816	9.722	16.864	32.402
2.038	62%	9.797	62%	16.378	26.175	6.005	10.038	17.412	33.455
2.039	62%	10.115	62%	16.909	27.024	6.199	10.364	17.977	34.540
2.040	63%	10.610	63%	17.737	28.348	6.232	10.417	18.558	35.207
2.041	63%	10.953	63%	18.310	29.263	6.433	10.753	19.157	36.343
2.042	63%	11.305	63%	18.899	30.205	6.640	11.100	19.774	37.513
2.043	64%	11.854	64%	19.816	31.670	6.668	11.146	20.409	38.223
2.044	64%	12.234	64%	20.451	32.685	6.882	11.504	21.063	39.448
2.045	64%	12.625	64%	21.105	33.730	7.102	11.872	21.737	40.710
2.046	65%	13.232	65%	22.119	35.351	7.125	11.910	22.430	41.465
2.047	65%	13.653	65%	22.824	36.477	7.352	12.290	23.145	42.786
2.048	65%	14.087	65%	23.549	37.636	7.585	12.680	23.881	44.146
2.049	66%	14.758	66%	24.670	39.428	7.602	12.709	24.638	44.949
2.050	66%	15.225	66%	25.451	40.676	7.843	13.111	25.418	46.372
2.051	66%	15.706	66%	26.255	41.961	8.091	13.526	26.221	47.838
2.052	67%	16.447	67%	27.494	43.941	8.101	13.542	27.048	48.691
2.053	67%	16.964	67%	28.359	45.324	8.356	13.968	27.900	50.223
2.054	67%	17.497	67%	29.250	46.748	8.618	14.407	28.776	51.802
2.055	68%	18.316	68%	30.618	48.934	8.619	14.408	29.679	52.706
2.056	68%	18.889	68%	31.577	50.465	8.889	14.860	30.608	54.356
2.057	68%	19.479	68%	32.563	52.042	9.167	15.324	31.564	56.055
2.058	69%	20.382	69%	34.073	54.455	9.157	15.308	32.549	57.014
2.059	69%	21.017	69%	35.134	56.151	9.442	15.785	33.563	58.790
2.060	70%	21.984	70%	36.751	58.736	9.422	15.751	34.606	59.778

Nota: 2037 está destacado em função dos 20 anos de vida útil mínima do aterro sanitário definido pelo PLANARES (2012).

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

**b.3) Produção de Biogás dos Resíduos Destinados ao Aterro**

A Tabela 52 resume a produção de biogás resultante dos cálculos integrando os cenários e variáveis anteriormente citados (Tabela 36) e utilizando os dados da Tabela 50. Assim elaborou-se uma Tabela, multiplicando o Total de Resíduos Destinados ao Aterro Sanitário (t/ano) pela Produção de biogás, ao longo dos 20 anos (Nm<sup>3</sup>/t) e realizando a sua totalização anual.

**Tabela 52 – Produção de Biogás dos Resíduos Destinados ao Aterro 2018-2060 (população urbana e rural).**

Ano	Produção (Nm <sup>3</sup> /Ano)	Produção (Nm <sup>3</sup> /Dia)	Ano	Produção (Nm <sup>3</sup> /Ano)	Produção (Nm <sup>3</sup> /Dia)
2018	0	0	2049	3.243.157	8.885
2019	471.476	1.292	2050	3.326.366	9.113
2020	741.133	2.031	2051	3.419.251	9.368
2021	910.979	2.496	2052	3.518.094	9.639
2022	1.025.084	2.808	2053	3.607.379	9.883
2023	1.115.924	3.057	2054	3.707.205	10.157
2024	1.201.415	3.292	2055	3.813.507	10.448
2025	1.290.034	3.534	2056	3.909.226	10.710
2026	1.373.717	3.764	2057	4.016.469	11.004
2027	1.459.874	4.000	2058	4.130.725	11.317
2028	1.546.429	4.237	2059	4.233.315	11.598
2029	1.635.308	4.480	2060	4.348.477	11.914
2030	1.718.336	4.708	2061	4.453.004	12.200
2031	1.804.586	4.944	2062	3.232.951	8.857
2032	1.889.880	5.178	2063	2.577.109	7.061
2033	1.981.730	5.429	2064	2.204.684	6.040
2034	2.077.561	5.692	2065	1.976.071	5.414
2035	2.167.821	5.939	2066	1.815.060	4.973
2036	2.263.746	6.202	2067	1.659.260	4.546
2037	2.363.319	6.475	2068	1.508.210	4.132
2038	2.419.093	6.628	2069	1.362.457	3.733
2039	2.482.051	6.800	2070	1.220.470	3.344
2040	2.549.908	6.986	2071	1.082.957	2.967
2041	2.612.443	7.157	2072	949.963	2.603
2042	2.682.763	7.350	2073	820.429	2.248
2043	2.758.792	7.558	2074	693.833	1.901
2044	2.828.284	7.749	2075	570.919	1.564
2045	2.906.417	7.963	2076	451.089	1.236
2046	2.990.126	8.192	2077	333.827	915
2047	3.066.551	8.402	2078	220.576	604
2048	3.151.666	8.635	2079	108.796	298
			2080	0	0

Nota: A maior produção de biogás se deu no ano 2061.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).



## **b.4) Tratamento e Uso do Biogás**

### **b.4.1. Transporte do Biogás**

Foi proposto um sistema de transporte, visando o encaminhando do biogás produzido para a central de tratamento e geração de energia. O biogás captado nos poços pode ser queimado diretamente no queimador sobre a captação ou por meio de válvulas de manobra pode ser encaminhado para a tubulação de biogás. Essa tubulação é dividida em duas linhas, uma que coleta o biogás dos poços pela direita do aterro e outra pela esquerda. Cada linha está em pressão negativa gerado por um soprador no final de cada linha.

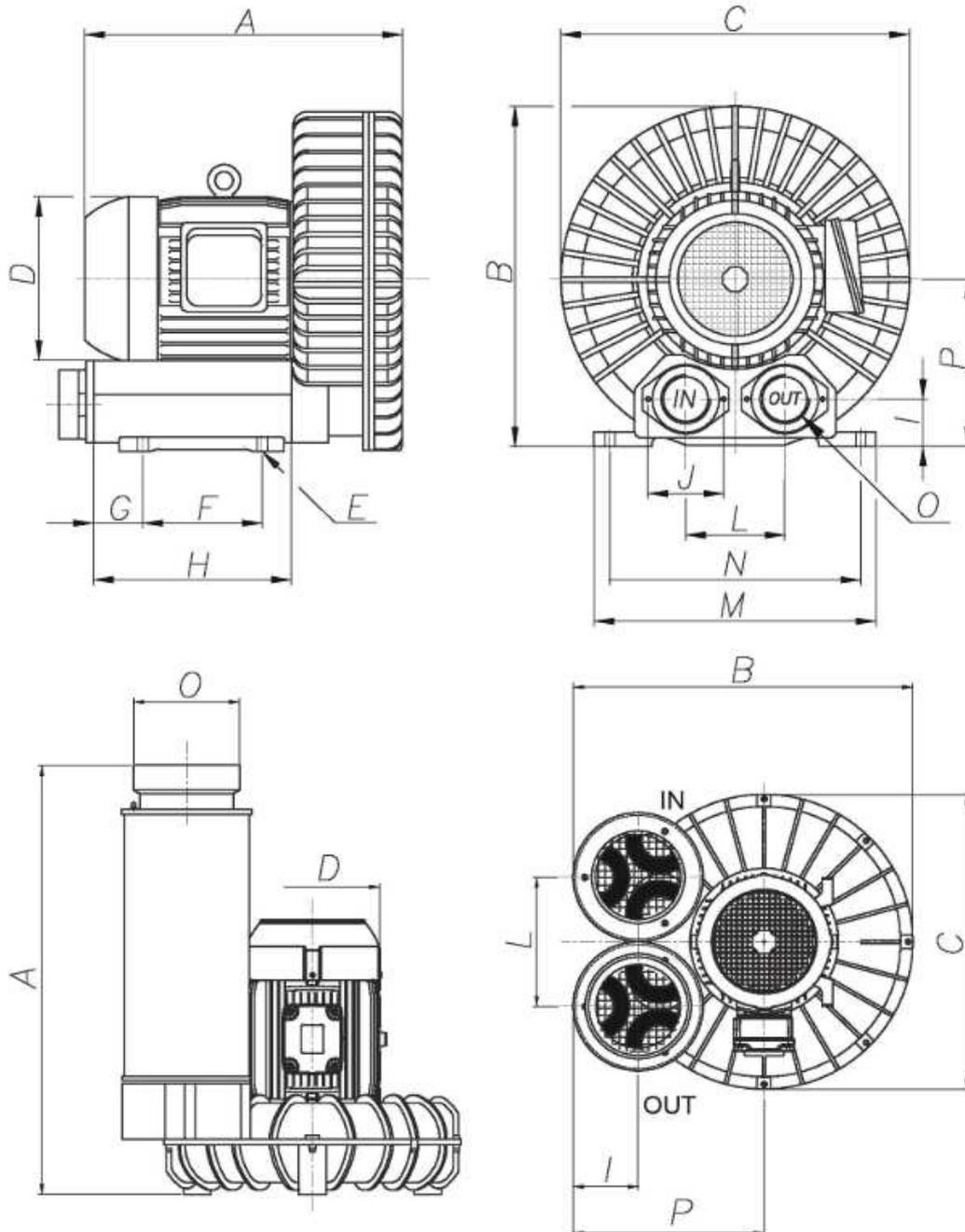
Para o projeto do sistema foi considerada a produção de biogás em 7350m<sup>3</sup>/dia, prevista para o ano de 2042. Considerando um fator de segurança para majorar a produção, utilizou-se para os cálculos o valor de 8.000Nm<sup>3</sup>/dia de biogás. Essa vazão deve ser capaz de escoar por apenas uma das linhas, sendo necessário que o sistema retire 5,55 Nm<sup>3</sup>/min.

Assim, o equipamento selecionado para realizar a sucção do biogás, dos poços até a central de tratamento e geração de energia, é um soprador modelo CRE- 5AV da Aero Mack instalado em cada linha. A Figura 30 mostra a curva de operação do equipamento, as Tabela 53 e Figura 31, apresentam os dimensionais do soprador e curvas de operação.





\*Opcionais: Bocal de Saída / Figura Construtiva



**Figura 30 – Desenho do soprador CRE-5AV.**

Fonte: Aeromack (2019).



Dimensões / Dimensions / Dimensión															
Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P
CRE - MINI	235	236	232,5	122	∅ 7	80	26	106	40	48	81	190	169,5	1" BSP	122
CRE - 01	268	260,5	253	123	∅10	73	27,5	125	38,5	65	89	240	208	1.1/4" BSP	134
CRE - 02	285	292	292	140	∅10	80	26	130	44,5	65	93	248	222	1.1/4" BSP	146
CRE - 03	308	351	342	158	∅13	115	19	153	57	85	119	299	262	2" BSP	180
CRE - 04	369,5	406	400	177	∅15	140	20	189	60	85	122	325	290	2" BSP	206
CRE - 05	445	487	485	220	∅15	166	68,5	277	82	102	140	393	350	2.1/2" BSP	244
CRE - 05 / N10	481	509	485	260	∅15	166	68,5	277	82	102	140	393	350	2.1/2" BSP	266
CRE - 05 Alta Vazão	481	532	514	260	∅15	162	59	252	84	118	170	380	340	3" BSP	275
CRE - 06 - S/ BASE (3" ou 4" BSP)	745	567	570	260	-	-	-	-	99	-	165	-	-	3" ou 4" BSP	282
CRE - 06 - S/ BASE (Ø8")	830	651	570	260	-	-	-	-	125	-	250	-	-	Ø8"	366
CRE - 06 - C/ BASE (3" ou 4" BSP)	745	628	570	260	∅14	440	39	518	160	-	165	550	472	Ø8"	343
CRE - 06 - C/ BASE (Ø8")	830	700	570	260	∅14	440	39	518	171	-	250	550	472	3" ou 4" BSP	415
CRE - 07	723	595	580	311	∅15	215	203	457	90	-	206	465	410	3" ou 4" BSP	305
CRE - 08	736	650	630	317	∅15	335	236	600	115	-	190	496	446	4" BSP	342

Dados Técnicos / Technical Data / Datos Tecnicos (60hz)						
Modelo	Vazão (m3/min.)	Pressão (m.m.c.a)		Potência (cv)	Tensão (v)	Peso - Kg
		NEG.	POS.			
CRE - MINI	1,1	800 / 700		0,33 (1/3)	220/380/440 (trif.)	6,5
CRE - 01	1,4	1200 / 1000		0,5 (1/2)	220/380/440 (trif.)	12
CRE - 02	2	1900 / 1600		0,75 (3/4)	220/380/440 (trif.)	14
CRE - 03	3,2	2200 / 1900		2	220/380/440 (trif.)	27
CRE - 04	4,2	3400 / 2400		4	220/380/440 (trif.)	42
CRE - 05	8,2	6280 / 4000		7,5	220/380/440 (trif.)	67
CRE - 05 / N10	8,2	6470 / 4200		10	220/380/440 (trif.)	90
CRE - 05 Alta Vazão	14	5000 / 3700		10	220/380/440 (trif.)	83
CRE - 06	22	4100 / 3400		15	220/380/440 (trif.)	135
CRE - 07	24	6000 / 4500		20	220/380/440 (trif.)	153
CRE - 08	28	6200 / 5150		30	220/380/440 (trif.)	186

Tabela 53 – Especificação do soprador CRE-5AV.

Fonte: Aeromack (2019).

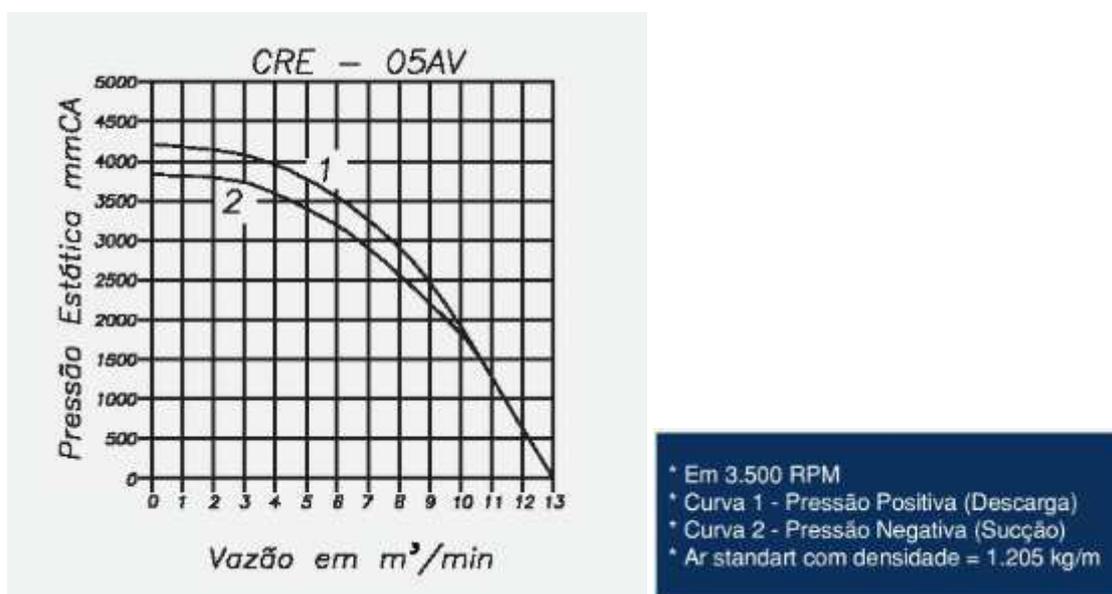


Figura 31 – Curva do soprador CRE-5AV.

Fonte: Aeromack (2019).

Para manter a variação das vazões durante a evolução do aterro o soprador será controlado por um inversor de frequência, podendo assim atender a captação de biogás nos primeiros anos de vida do aterro. O inversor será comandado pelo sistema supervisor do tratamento de biogás.

Os sopradores serão instalados na entrada (interior) da Área referente ao Armazenamento e Purificação do Biogás, utilizando a mesma estrutura civil e elétrica existente nessa área.

A tubulação de captação será instalada em torno do aterro interligando os poços e estará destinada a central de tratamento do biogás, onde alimentarão o gasômetro para o sistema de geração de energia.

O material da tubulação deve ser resistente ao gás sulfídrico ( $H_2S$ ) que é um dos componentes indesejados do Biogás. Materiais como aço carbono e ferro fundidos são facilmente atacados pela sua reação de oxidação do enxofre com o ferro, causando corrosão precoce e desgaste na tubulação. Aços com proteção galvânica podem resistir por períodos um pouco mais prolongados, mas o risco da camada galvânica fixada no aço se desprender é alto, devido às movimentações constantes de máquinas e materiais no aterro.

Os materiais mais aconselhados para tubulações de biogás seriam os poliméricos e os aços inoxidáveis. Como parte da tubulação estará enterrada, e as intempéries externas podem atacar o aço inox, define-se a utilização de tubulação em material polimérico, também por sua flexibilidade mais adequada a aplicação. Assim, o material escolhido para a linha será PEAD. A instalação pode ser por eletro fusão ou termo fusão, segundo a norma ABNT NBR 14462/2016 para tubos, e ABNT NBR 14463/2016 para as conexões.

Outro fator importante a se colocar na tubulação de biogás são pontos com sistema de drenagem da água condensada. O Biogás contém moléculas de água que se condensam ao passar pela tubulação. Essa água vai escorrer para pontos de cota inferior do trecho da tubulação, onde deve ser instalado o sistema de drenagem. Um sistema interessante a se utilizar é o filtro de cascalho, que além de condensar a água pode segurar impurezas contidas no biogás (Figura 32).



**Figura 32 – Filtro de cascalho.**

Fonte: AAT Biogás Technology (2015).

Na saída do poço, logo acima do da conexão com a tubulação de transporte do Biogás até a central de tratamento e geração de gás, e antes do queimador tipo flare é prudente colocar uma válvula corta chamas. Como referência selecionou-se a válvula corta-chamas modelo FA-G-2"-IIA-P1,5-T40-B-DIN, da marca PROTEGO de 2" (Figura 33 e Figura 34).

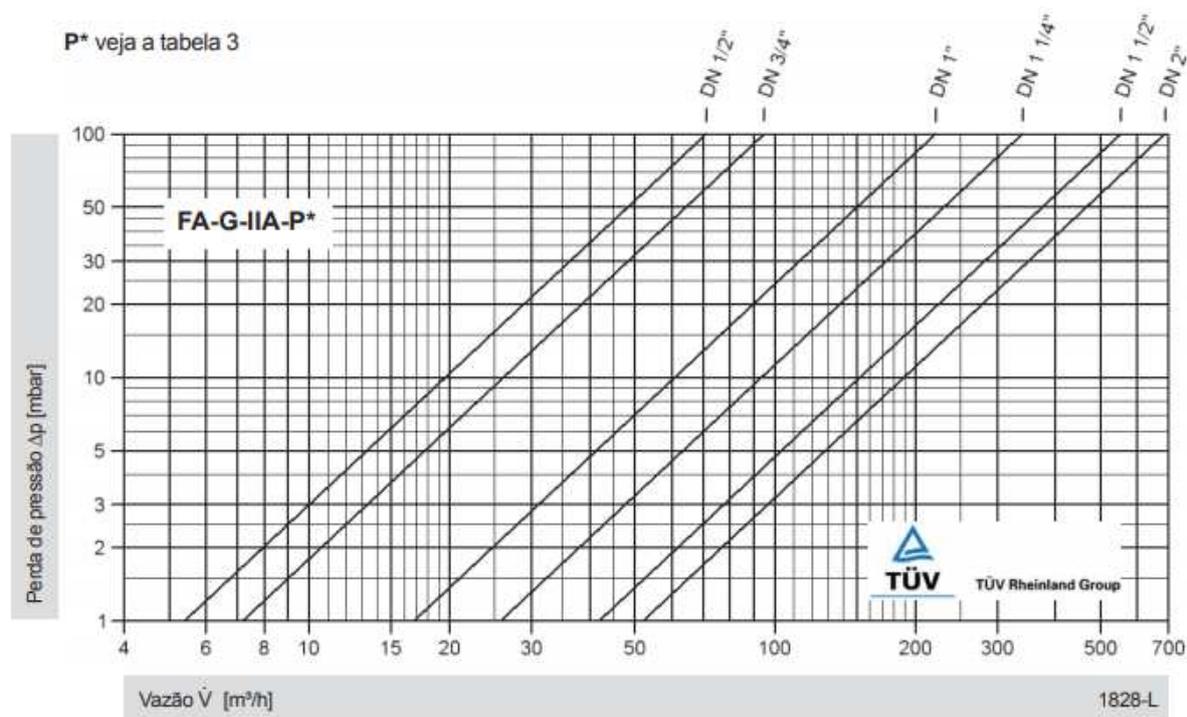


Figura 33 – Gráfico da perda de carga do Corta-chamas.  
Fonte: Protego (2019).

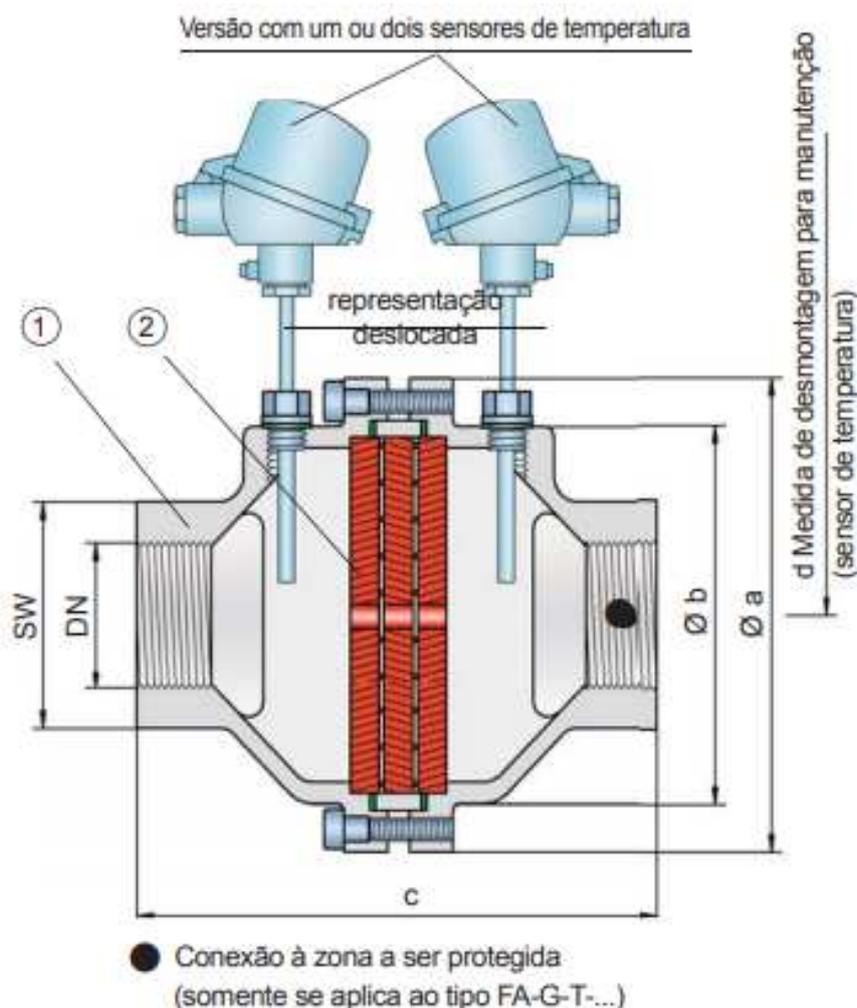


Tabela 1: Tabela de dimensões

Dimensões em mm, SW = abertura de chave

Para escolher o diâmetro nominal (DN), veja os diagramas de vazão nas páginas seguintes

DN	G ½"	G ¾"	G 1"	G 1 ¼"	G 1 ½"	G 2"
a	80	80	100	100	155	155
b	55	55	76	76	124	124
c (IIA até IIB3)	100	100	110	110	170	170
c (IIB e IIC)	112	112	122	122	170	170
d	—	—	—	—	400	400
SW	32	32	50	50	75	75

Figura 34 – Dimensão da válvula Corta-chamas.

Fonte: Protego (2019).

#### b.4.2. Dimensionamento da tubulação

O dimensionamento da tubulação está baseado na norma ABNT NBR 15358/2017 Rede de distribuição interna para gás combustível em instalações de uso não residencial de até 400 kPa — Projeto e execução.

Assim, foi realizado o levantamento da tubulação e a perda de carga dos componentes existentes para cada linha de gás.

A vazão de gás adotada é de 5,55 m<sup>3</sup>/h e a pressão é dada pela curva do soprador selecionado, ou seja 3300 mmCA (32,34 kPa). A densidade em relação ao ar adotada é de 0,78.



Para o cálculo do dimensionamento em redes com pressão de operação acima de 7,5 kPa deve ser utilizada a equação de Renouard:

$$PA_{(abs)} - PB_{(abs)} = \frac{401642 \times S \times L \times Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

onde:

- ✓ Q é a vazão do gás, expressa em normal metros cúbicos por hora (Nm<sup>3</sup>/h);
- ✓ D é o diâmetro interno do tubo, expresso em milímetros (mm);
- ✓ L é o comprimento do trecho da tubulação, expresso em metros (m);
- ✓ S é a densidade relativa do gás em relação ao ar (adimensional);
- ✓ PA é a pressão de entrada de cada trecho, expressa em quilopascals (kPa);
- ✓ PB é a pressão de saída de cada trecho, expressa em quilopascals (kPa).

Para o cálculo da velocidade deve ser utilizada a equação:

$$V = \frac{354 \times Q}{(P + 1,033) \times D^2}$$

onde:

- ✓ V é a velocidade, expressa em metros por segundo (m/s);
- ✓ Q é a vazão do gás na pressão de operação, expressa em metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h);
- ✓ P é a pressão manométrica de operação, expressa em quilograma força por centímetro quadrado (kgf/cm<sup>2</sup>);
- ✓ D é o diâmetro interno do tubo, expressa em milímetros (mm).

Velocidade máxima:

O critério de seleção é que a velocidade não pode ser superior a 20 m/s.

Para efeitos de cálculo adotou-se uma velocidade média de 10m/s.

Abordagem inicial:

Assim estimou-se o diâmetro inicialmente por:

$$D = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{V_m}} = 14 \text{ mm}$$

V<sub>m</sub> – Velocidade média estimada.

Foram considerados os seguintes valores para PCI e densidade relativa do biogás:

PCI = 5.200 kcal/m<sup>3</sup> (20°C, 1 atm abs) densidade relativa ao ar = 0,72.



**Perda de carga equivalente:**

Para tubos de PEAD tem-se as seguintes equivalências de perda de carga para o sistema, tendo sido usada a seguinte Tabela 54, onde são listados vários componentes comuns de sistemas de tubulações e a queda de pressão associada através das conexões, expressa como um comprimento equivalente de tubulação reta em termos de diâmetros. Multiplicando os diâmetros de comprimentos equivalentes pelo diâmetro interno, obtém-se o comprimento equivalente de tubulação. Este comprimento equivalente é somado ao comprimento total de tubulação para calcular a perda de carga total do sistema.

Estes comprimentos equivalentes podem ser considerados como bons cálculos aproximados para a maioria das instalações.

**Tabela 54 – Dimensão da válvula Corta-chamas.**

CONEXÕES	Comprimento Equivalente
Tê 90° (entrada longitudinal do fluido)	20 D
Tê 90° (entrada lateral do fluido)	50 D
Cotovelo 90°	30 D
Cotovelo 60°	25 D
Cotovelo 45°	18 D
Válvula de globo convencional (completamente aberta)	350 D
Válvula de ângulo convencional (completamente aberta)	180 D
Válvula de comporta convencional (completamente aberta)	15 D
Válvula borboleta (completamente aberta)	40 D
Válvula Check convencional (completamente aberta)	100 D

Fonte: PEAD MG (2019).

Considerando as conexões previstas para o Aterro tem-se as seguintes opções de diâmetros, estão descritas na Tabela 55.

**Tabela 55 – Conexões: Diâmetros e Comprimento equivalente do sistema**

DN		DN200 0,2	DN150 0,15	DN125 0,125	DN100 0,1
Conexão	C90	6	4,5	3,75	3
	TE	10	7,5	6,25	5
	C11	1,4	1,05	0,875	0,7
	C45	3,6	2,7	2,25	1,8
	C22	2	1,5	1,25	1
	Valvula Globo	70	52,5	43,75	35
Comprimento Equivalente (m)		93,0	69,8	58,1	46,5

Fonte: PEAD MG (2019).

**Comprimento da tubulação (ver Prancha 067):**

Linha Norte: Principal: 664,3m

Ramais: 584,4m (maior ramal = 115,3m)





Linha Sul: Principal: 1091,3m

Ramais: 835,8m (maior ramal = 90,7m)

Assim as perdas de carga e velocidade para os diâmetros DN150, DN125, DN100, DN80, apresentados constam das Tabela 56 e Tabela 57.

#### Perda de Carga na Tubulação e velocidade do gás:

Tabela 56 – Perda de carga do sistema

dP (kPA)	LT(m)	150	125	100	80
Linha sul	1285,9	0,319	0,761	2,212	6,440
LP (m)	664,3	0,173	0,409	1,180	3,414
>LR(m)	115,3	0,044	0,098	0,269	0,742
Linha Norte	1927,1	0,470	1,124	3,277	9,561
LP (m)	1091,3	0,273	0,651	1,889	5,493
>LR(m)	90,7	0,038	0,084	0,228	0,623

Fonte: PEAD MG (2019).

Tabela 57 – Velocidade do gás na tubulação

DN	mm	150	125	100	80
V	m/s	0,0641	0,0923	0,1441	0,2252

Fonte: PEAD MG (2019).

#### Definição do Diâmetro:

Assim, devido os fatores apresentados, foram dimensionadas as tubulações das Linhas principais em DN100 e as tubulações das linhas Ramais em DN80, ambas atendendo a condição de Velocidade menor ou igual a 20m/s, conforme Tabela 57.

Essas definições de diâmetro também levam em consideração a excessiva humidade do biogás extraído, que em tubulações de menor diâmetro causam obstruções ao se condensarem nas paredes e ao se deslocarem.

O detalhamento do projeto conceitual das tubulações pode ser encontrado na “Prancha 067 – Layout de Locação da Coleta de Biogás” nas peças gráficas do projeto.

#### b.4.3. Uso do Biogás

Para efeito de estudo da viabilidade do uso do biogás pode-se considerar que a concentração de metano é de 60 %.

O tratamento do biogás considerou a experiência da Empresa Albrecht, empresa brasileira, situada em Joinville – SC, que desde 1970 atua também no segmento ambiental. Tem aplicado a tecnologia, relacionada a este trabalho, especialmente utilizando o biogás oriundo do tratamento de esgotos. Como exemplos significativos podem ser citadas as seguintes Estações de Tratamento de Esgotos – ETE’s da COPASA -MG: ETE Montes Claros, na secagem térmica com aproveitamento de biogás, e ETE Ibirité, na secagem térmica com combustão de lodos e aproveitamento de biogás para geração de energia elétrica. Ambas as Estações de Tratamento possuem vazão de esgoto de 500 L/s. A Figura 35 ilustra o Sistema proposto para o tratamento



do biogás oriundo de ETE's, onde também aparece inserido um queimador encapsulado (*flare*), para o excesso de biogás ou durante manutenções realizadas nesta atividade.

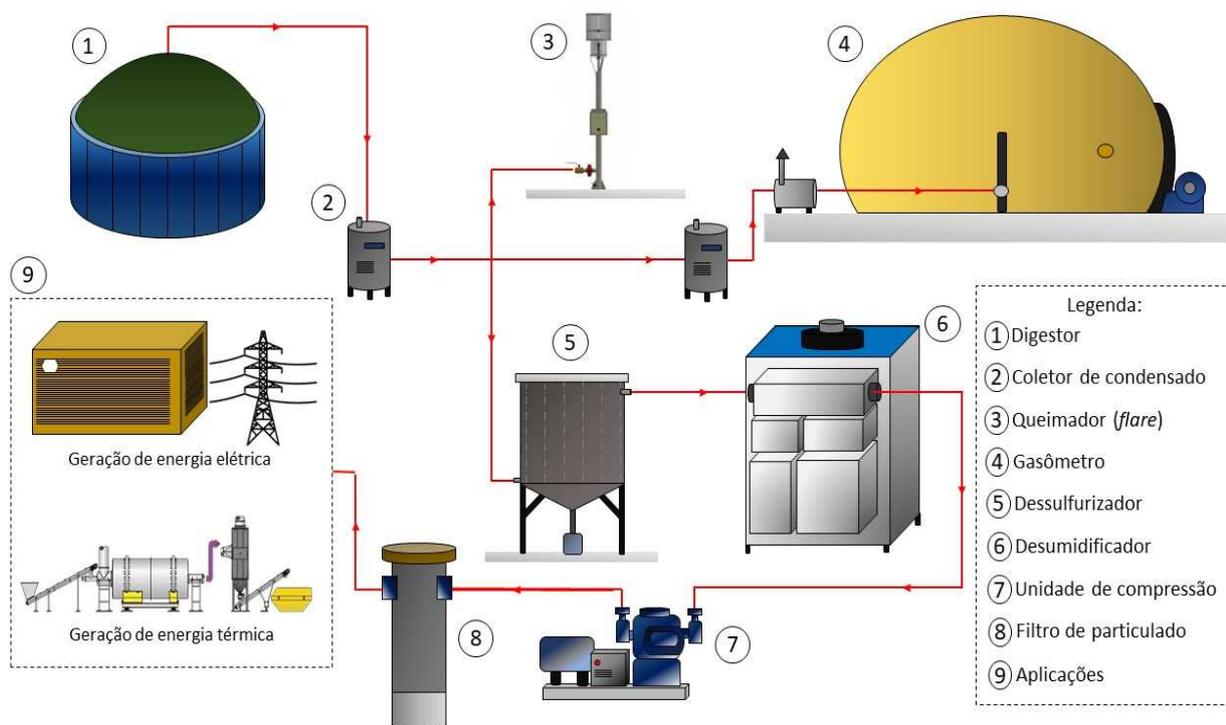


Figura 35 – Esquema de Aproveitamento do Biogás em ETE's.

Fonte: Adaptado de ALBRECHT (2017).

A proposta, apresentada para o Aterro Sanitário de Toledo, detalhada no **Anexo J – Sistema de Acumulação e Filtragem de Biogás** pela Albrecht, Tomo II, contempla um sistema de acumulação de biogás (gasômetro), condensação, filtragem, unidade de compressão, além de tubulações e válvulas para garantir segurança ao processo para atender a demanda dos moto geradores (uso do biogás). Foram previstos dois conjuntos (*skids*) para o tratamento do biogás, cada um dimensionado para 150 m<sup>3</sup>/h, escalonados no tempo como citado na Tabela 38, a partir do ano de 2022.

As partes integrantes do Sistema são instaladas sem cobertura, porem isolados (protegidos) por cerca. A reservação do biogás, procurando manter um fluxo contínuo visando o seu aproveitamento, utilizou apenas um gasômetro para todo o período, a ser instalado conjuntamente com o primeiro *skid* (2022). O *flare* (queimador) não foi previsto no projeto do Sistema, pois o biogás é oriundo das várias chaminés do Aterro, as quais possuem registros de manobra e possibilidade de queima individual.

O uso sugerido do biogás prevê a aplicação em moto gerador para produção de energia elétrica, com utilização no próprio aterro sanitário, especialmente para: iluminação, acionamento dos quatro conjunto-motor bomba para o chorume e dos sopradores instalados junto a ETE de lodos ativados, etc (ver Tabela 58). A potência total instalada compreendeu 66 MW. Neste caso torna-se necessário também o emprego de filtro para remoção dos siloxanos, como citado no **Anexo J**, Tomo II, contaminante do biogás que pode comprometer a vida útil dos moto geradores.



Tabela 58 – Consumo de Energia previsto no Aterro

LOCAL	EQUIPAMENTO	HORAS DE OPERAÇÃO	UN	POTÊNCIA
				kW
ENERGIA CONSUMIDA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO E ILUMINAÇÃO:				
ILUMINAÇÃO EXTERNA	-----	8	Gb	5,400
EEE DE CHORUME 1	BOMBA GRUNDFOS SEG.40.15.2.60H	24	1+1	1,900
EEE DE CHORUME 2	BOMBA GRUNDFOS SEG.40.15.2.60H	24	1+1	1,900
EEE DE RECIRCULAÇÃO EFLUENTE TRATADO	BOMBA GRUNDFOS SEG.40.26.2.60M	24	1+1	3,400
EEE DE PERCOLADO DOS LEITOS DE SECAGEM	BOMBA GRUNDFOS SEG.A15.20.R2.2.60H	24	1+1	1,200
ELEVATÓRIA RECIRCULAÇÃO DE LODO	BOMBA NEMO NW021-BY - NETZSCH	24	1	0,735
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO - TANQUE DE AERAÇÃO	SOPRADOR TIPO ROOTS - ROBUSHI-ROBOX 2 BS 46	24	1+1	29,420
ENERGIA CONSUMIDA NO SISTEMA DE BIOGÁS:				
TRATAMENTO BIOGÁS	COMPRESSOR	24	1	11,000
TRATAMENTO BIOGÁS	UNIDADE CONDENSAÇÃO	24	1	9,500
TRATAMENTO BIOGÁS	VENTILADOR	24	1	1,500
POTÊNCIA TOTAL INSTALADA				65,955

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

O **Anexo K**– Proposta Técnica e Comercial para Uso de Moto Geradores em Aterro Sanitário para Geração de Energia Elétrica com Biogás, a qual consta do Tomo II, foi apresentado pela Empresa CONSULFESP, indicada pela Albrecht. Desde 2007 a CONSULFESP vem criando, inovando e coordenando diversos cursos para formar profissionais para atuar na indústria de petróleo, gás e energia. Já estruturou e coordenou cursos de pós-graduação e de extensão abordando assuntos relacionados à energia. Complementarmente, elaborou cursos para atender com exclusividade empresas, concessionárias e instituições financeiras interessadas em adquirir conhecimentos diferenciados do Setor Energético e auxiliou na definição das conferências da Santos Offshore Oil & Gas Expo, da Reed Exhibitions Alcantara Machado em parceria com o IBP. A CONSULFESP também elabora projetos de pesquisa e desenvolvimento para empresas e concessionárias de serviços públicos, com foco em temas relativos ao uso eficiente de energia, desenvolvimento sustentável e mitigação de impactos ambientais, tais como: projetos básicos e executivos de cogeração; pesquisas de mercado; suporte nas negociações de compra e venda de energia; assessoria regulatória para customização e negociação de contratos; desenvolvimento de simuladores; e programas computacionais para gestão de contratos.

O moto gerador citado deverá operar em ciclo aberto. O ciclo fechado permitiria o aproveitamento dos gases de escape e a água de refrigeração das camisas dos motores, porém esta alternativa não encontraria uso no interior da área do Aterro. O moto gerador proposto é da marca Weichai, de origem chinesa.

Os equipamentos serão instalados em edificação (Obra Civil) com dimensões 14,90 m x 8,10 m (dimensões externas), pé direito de 2,70 m, situada em área contígua ao tratamento do biogás (ver prancha 069). O abrigo deverá ser construído em alvenaria, possuindo cobertura especificada em fibrocimento (canalete 90), com janelas de dimensões adequadas, para a ventilação dos equipamentos, e porta dupla para assegurar o acesso e movimentação dos moto geradores,





quando necessário. A edificação poderá receber até 5 equipamentos de geração, espaçados de maneira a permitindo a circulação de técnicos de operação e manutenção.

A Tabela 59, resume a proposta da Albrecht e da CONSULFESP, indicando os anos em que poderiam ser implantados os skids (estruturas metálicas) de tratamento de gás, incluindo o gasômetro, e os conjuntos moto geradores. Também é citado o possível uso da energia elétrica gerada no interior do Aterro. O horizonte de estudo foi limitado ao ano 2042, cerca de 24 anos após o início da produção de biogás. Os estudos na área de saneamento básico (água e esgoto) se restringem, em geral, aos 20 anos, também motivados pela vida útil dos equipamentos e pela tecnologia empregada. Nos anos iniciais (2018 a 2021) não foi previsto o tratamento e aproveitamento do biogás por não ser suficiente a quantidade de biogás produzida, para o atendimento de um skid de tratamento (150 Nm<sup>3</sup>/h) e o acionamento de ao menos dois moto-geradores.

As pranchas 067 e 068 apresentam o Sistema de Armazenamento, Tratamento e Uso do biogás propostos.

Após o ano de 2042, ou mesmo antes, poderia ser elaborado um diagnóstico da produção de biogás e estudada a ampliação ou modernização do seu uso, pois como mostram os cálculos anteriores (Tabela 52) a produção continuará aumentando. Bibliografia do Probiogás, Programa patrocinado pelo Ministério das Cidades, tem disponibilizado, no site do Ministério, manuais, normas, relatos de experiências, rol de equipamentos relacionados ao biogás oriundo de ETE's, principalmente (BRASIL, 2015). Este material poderá trazer profundas alterações neste mercado.

O uso veicular do biogás, nos caminhões da coleta seletiva, não foi considerado, principalmente devido à complexidade (e custo) do sistema de purificação (remoção do gás carbônico), compressão (alta pressão e gasto energético) e armazenamento do biogás (em cilindros metálicos). Considera-se que esta tecnologia ainda não está consolidada para uma licitação e implantação, no Brasil.

Após 20 anos ou mais de uso, grande parte dos equipamentos integrantes do Sistema de Acumulação e Filtragem de Biogás estarão obsoletos e deteriorados. Por isso, poderão ser vendidos, pois tem vários componentes em aço inox, que possuem algum valor como sucata, sendo este o descomissionamento sugerido. O mesmo pode ser dito com relação ao uso do biogás, através dos moto geradores. Exceção feita a edificação (obra civil), que poderá ter outro destino, a ser averiguado na oportunidade.

**Tabela 59 – Aterro de Toledo: Resumo da Produção, Tratamento e Uso do Biogás.**

Tempo		Produção de Biogás		Energia kWh (1)	Biogás - Equipamentos		Demanda (Uso)
Ano	Δ t (anos)	Nm <sup>3</sup> /d	Nm <sup>3</sup> /h		Tratamento – SKID (UN)(2)	Moto Gerador (UN)	
2018	0	0	0	0	0	0	Energia consumida na Estação de Tratamento e Iluminação (4)
2019	1	1292	54	117	0	0	
2022	4	2808	117	254	1	2	
2026	8	3764	157	341	1	2	
2027	9	4000	167	362	2	3	
2042 (3)	24	7350	306	662	2	5	

OBS: (1) CONSULFESP (2018); (2) Albrecht (2017); (3) Horizonte do estudo do uso do biogás gerado no Aterro; (4) Possibilidade de exportação de energia (sobra).

Fonte: Habitat Ecológico (2017).





O painel elétrico do Sistema de Armazenamento, Tratamento e Uso do Biogás propostos deverá ser especificado posteriormente, porém foi prevista infraestrutura para futura alimentação elétrica dos equipamentos e ligação dos moto geradores à COPEL. O Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas – SPDA do Sistema foi composto por um captor Franklin e aterramento, detalhados no Projeto Elétrico.

A potência elétrica será gerada no aterro, através de geradores síncronos (elétricos), movidos por motores a combustão, que utilizarão o biogás como fonte de energia. Os geradores serão conectados à entrada de energia da COPEL, e parte da energia será consumida pelas cargas elétricas do aterro, tais como motores, iluminação, tomadas, etc. O excedente acaba sendo injetado na rede da COPEL, gerando créditos de kWh (energia). Caso os geradores estejam desativados, a COPEL passa a fornecer toda a energia necessária ao aterro, e no final do mês é feito o "balanço" - o que foi injetado na rede da COPEL, menos o que foi comprado de energia da COPEL.

A linha de transmissão caracteriza-se como uma linha de distribuição em tensão primária (13,8kV). Quanto à extensão aproximada, sugerida pelo projeto, a ser confirmada pela COPEL, é de 1200 metros. A produção de energia elétrica será enviada diretamente à rede da COPEL, uma vez que o consumidor está conectado à rede de distribuição da concessionária. A forma de ligação dos equipamentos de geração, a serem fornecidos pelo fabricante do Sistema de biogás, deve atender à norma NTC905200 - Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema da Copel (COPEL, 2016). Para a Concessionária o que importa é a qualidade e a quantidade da potência elétrica injetada na sua rede, independentemente do tipo de geração, biogás ou outra.

#### **2.4.6 Sistema de Tratamento do Percolado (Chorume)**

De acordo com as conclusões do Produto 1 – Plano de Trabalho e item 2.2.3 do presente produto, apresenta-se a seguir, o dimensionamento do tratamento biológico proposto. O dimensionamento procurou observar o citado na ABNT NBR 12209/2009 - Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários.

- **Medidor de vazão**

Deverá ser implementada uma calha Parshall, com largura da garganta (W) de 1" (2,5 cm), para medição da vazão, útil também no controle da dosagem dos produtos químicos, como nutrientes, caso necessário. A calha é construída em fibra de vidro, cujas dimensões são padronizadas em função de W, fabricação Environquip ou similar.

Foram utilizadas duas unidades para o chorume, uma para cada Tanque de Aeração. Outras duas serão utilizadas na medição da vazão de recirculação do lodo (ver Prancha 062).

- **Stripping Mecânico da Amônia**

Devido ao processo de tratamento escolhido ser aeróbio, o stripping mecânico não será utilizado. A elevada concentração de N amoniacal, presente no lixiviado bruto, é tóxica ao tratamento anaeróbio, por exemplo, mas este não foi utilizado. O stripping mecânico, como estudado por Rietow et al. (2017), aproveita o pH elevado do chorume (próximo a 8), ou mesmo aumentado um pouco seu valor, e impõe uma agitação mecanizada num reservatório, com tempo de





detenção de poucos dias. Procura-se reduzir, por volatilização (arraste), a amônia a concentrações inferiores a 500 mg/L, por exemplo.

- **Tanque de Aeração – TA (Reator)**

Os parâmetros para a determinação da DBO do efluente na saída do sistema em SST encontram-se citados na Tabela 60.

**Tabela 60 – Parâmetros para a determinação da DBO do efluente**

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS	
DBO efluente ao sistema	50	mg/L	0,05	kg/m <sup>3</sup>
Teor de DBO solúvel afluente ao sistema	----			
DBO solúvel efluente ao sistema	----			
Eficiência baseada na DBO solúvel	----			
Eficiência em relação ao tratamento	99	%	Tratamento global	
DQO efluente ao sistema	----			

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Os parâmetros para o cálculo do volume do Reator (Tanque de Aeração - TA) encontram-se citados na Tabela 61.

**Tabela 61 – Parâmetros para o cálculo do volume do reator (TA)**

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS	
Coefficiente de síntese celular	0,32	mgSSV/mgDBO	Estimativa	
Coefficiente de decaimento	0,004	d <sup>-1</sup>		
Relação alimento/microrganismo - F/M	0,12	kg DBO MLVSS/kg.dia	0,05-0,15	
Sólidos suspensos no reator	3500	mg/L	3,5	kg/m <sup>3</sup> MLSS
Razão (MLVSS/MLSS)	0,8			
Sólidos suspensos voláteis no reator	2800	mg/L	2,8	kg/m <sup>3</sup> MLVSS
Tempo de residência hidráulico	15	dias		h Vazão média
Volume do TA	547	m <sup>3</sup>	V / Q	
Altura do TA (H)	4	m	Adotado função do equipamento de aeração, (BL= 0,5 m).	
Área do TA	136	m <sup>2</sup>	V / H	
Dimensões	6 x 3	m	2 unidades (adotado)	

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

O reator será modulado (2 Tanques), construídos de uma só vez. Os parâmetros de aplicação (Cargas) e idade do lodo encontram-se citados na Tabela 62.

**Tabela 62 – Parâmetros de aplicação e idade do lodo.**

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS
Carga orgânica de aplicação	186	kg DBO/dia	Vazão média
Carga volumétrica de aplicação	0,34	kg DBO/m <sup>3</sup> .dia	Aeração Prolongada
Volume do reator	547	m <sup>3</sup>	----
Carga mássica de aplicação	0,12	kg DBO/kg MLVSS.dia	----
Idade do lodo (Θc) - aeração prolongada	30	dias	20-30

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Os parâmetros para o cálculo da quantidade de lodo a ser descartado por dia encontram-se citados na Tabela 63.



**Tabela 63 – Parâmetros para o cálculo da quantidade de lodo a ser descartado.**

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS
Determinação de Yobs	0,29	mg SSV/mg DBO afluente	Estimativa
Determinação MLVSS	51	kg/dia	
Determinação de MLSS	63,8	kg/dia	
Massa de lodo descartado	63,8	kg/dia	V x. MLVSS / $\Theta_c$
Concentração de retorno de lodos	8000	mg/L	como SST(8 kg/m <sup>3</sup> )
Vazão de lodo descartado	8	m <sup>3</sup> /dia	

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Os parâmetros para o cálculo da quantidade de lodo a ser recirculada por dia, para o Tanque de Aeração, encontram-se citados na Tabela 64.

**Tabela 64 – Parâmetros para o cálculo da quantidade de lodo a ser recirculada.**

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS
Razão de recirculação de lodo	1		0,5 - 1,5
Vazão de recirculação de lodo	37,2	m <sup>3</sup> /dia	

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Os parâmetros para o cálculo da vazão de oxigênio a ser requerida por dia encontram-se citados na Tabela 65.

**Tabela 65 – Parâmetros para o cálculo da vazão de oxigênio a ser requerida por dia**

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS
Massa de DBO utilizada	186	kg/dia	aplicada
Quantidade de Oxigênio necessária	3,0	kg O <sub>2</sub> /kg DBO removida	>2 (ABNT NBR 12209/2011)
Quantidade Total de Oxigênio	558	kg O <sub>2</sub> /dia	kg O <sub>2</sub> /h
Volume útil do Tanque	547	m <sup>3</sup>	

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

A aeração será por ar difuso, observa as seguintes características citadas na Tabela 66.

**Tabela 66 – Parâmetros da aeração por ar difuso.**

Parâmetro	Valor	OBS
Vazão de Ar	23.500 m <sup>3</sup> /d	----
Difusor de bolha fina	7 Nm <sup>3</sup> /h	6 a 8 ( $\leq 10$ ) Nm <sup>3</sup> /h
Número de unidades	136	1 Un/m <sup>2</sup>
Soprador tipo roots (P $\leq$ 5m)	2	Atuando alternadamente
Soprador (Potência)	40	CV
Altura do TA (H)	4 m	> 3 (ABNT NBR 12209/2011)

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

O sistema de aeração previu difusor de ar tipo disco, modelo ECD350, de bolhas finas, com diâmetro de 12" (Figura 36 e Figura 37), na quantidade de 140 unidades, sendo 70 unidades por Tanque. O fabricante é a SSI Aeration, comercializado pela Environquip.

O soprador será do tipo Roots – Robushi, Robox 2 BS 46, trilobular, ou similar, com vazão de 1000 m<sup>3</sup>/h e pressão superior a 5 m (Figura 38 à Figura 40), disponibilizado no Brasil pela Gardner Denver Brasil Ind. e Com. de Máquinas Ltda. Deverá ser mantido um soprador de reserva.





SSI 12" Disc Diffuser

## SSI 12" Disc Diffuser Systems – A Global Success Story

SSI 12" Disc Diffuser systems combine engineering excellence, superior component quality, and a technically advanced product concept. Proven highly durable and efficient in thousands of municipal and industrial installations worldwide, this advanced system has reliability built in to every stage of performance.

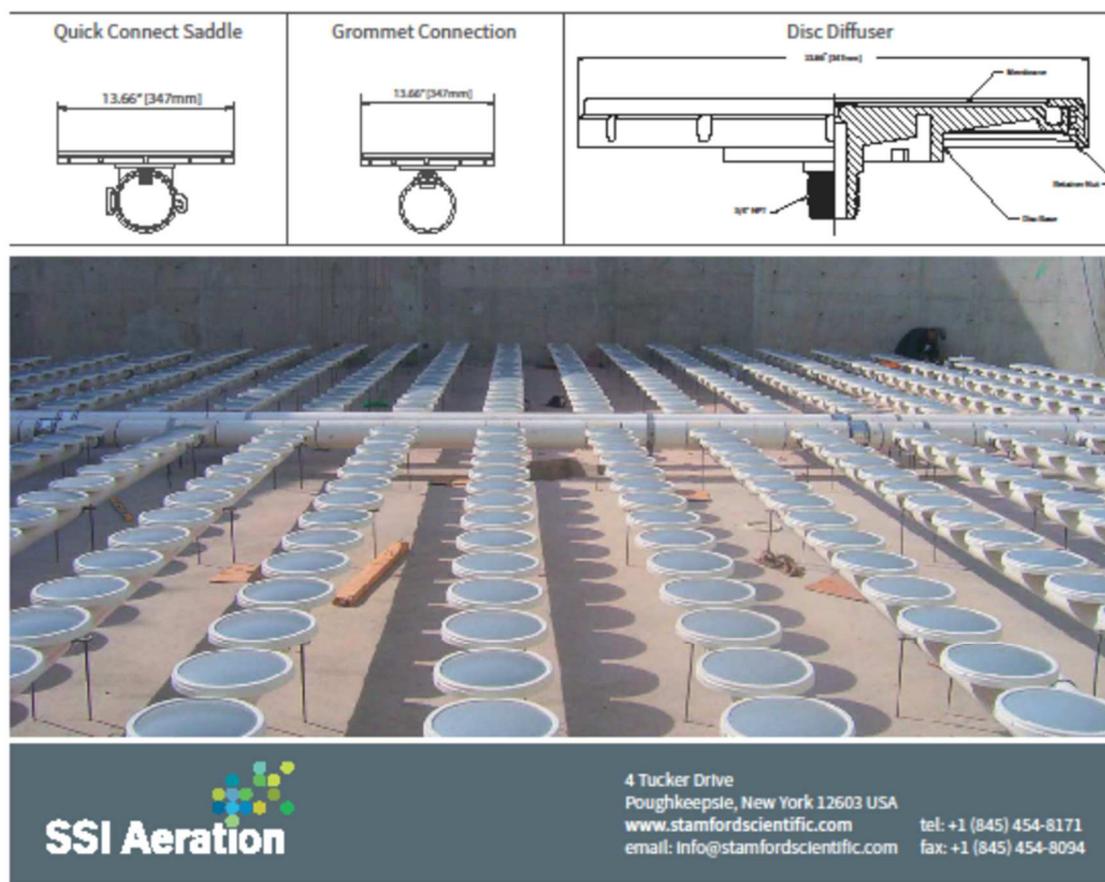


Figura 36 – Especificação do Difusor de Bolha Fina AFD 350 – A  
Fonte: Environquip (2017).

SSI 12" Disc Diffuser

## Unique System Strengths

### Complete product line – creating the system that fits your needs

SSI manufactures disc diffusers and coarse bubble diffusers, and we mount these products on a wide range of piping materials including PVC, CPVC, PP and Stainless Steel. We have the ability to attach diffusers to pipe using saddles, grommets, or pre-assembled PODS. We can provide retrievable systems or fixed grids, and systems in kit form or mostly factory assembled. We try to understand and anticipate your needs, and fit our recommendations to your situation.

### Piping system integrity – thicker wall pipe and double anchors for fewer breakages

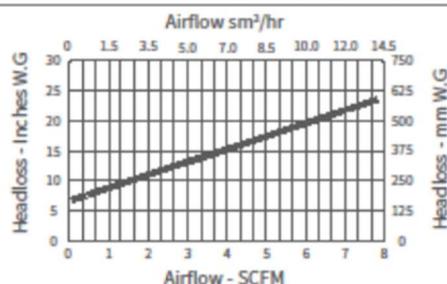
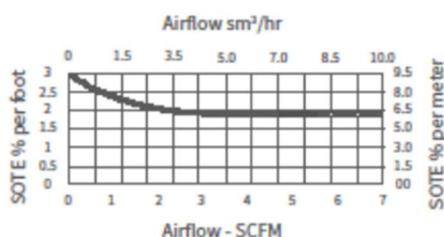
Our piping is 38% thicker and has double rod support stands as standard – two anchors for each support location means twice the resistance to hydraulic and thermal loads. Most often supports fail due to temperature and water velocity. SSI locates two anchors where support is needed most, helping to increase product longevity.

### Comprehensive design service and after sales support

SSI provides full design services, including biological and mixing calculations, process simulations and hydraulic studies. We maintain a full drafting department with 3D and animation capabilities and we can assist with specifications and CAD drawings. Our service and installation crew can hold your hand during the early stages of the project and our worldwide multilingual staff is dedicated to your complete satisfaction.



SSI provides full design services, including biological and mixing calculations, process simulations and hydraulic studies.



\*Installations under 2 SCFM/3.5m³/hr should consider an orifice plug to ensure uniform air distribution

## Intelligent Upgrade Options

### Patented PTFE membranes prolong efficiency and reduce whole-life costs

SSI's patented PTFE membrane barrier properties not only reduce plasticizer extraction, shrinking, and membrane hardening but also limit dynamic changes that can result from swell, such as creep. Compared with uncoated products that are more susceptible to increases in DWP due to more aggressive fouling and changes in physical properties and weight, the PTFE coated membrane improves consistency of DWP (Headloss) values over the product life. This directly impacts long-term power costs and the ability of the system to distribute air uniformly across the tank floor.

### SSI Telemetry – the inside story solves maintenance problems

At the click of a mouse, you will know the DWP of your diffuser membranes, airflow rate to those monitored diffusers, and air temperature in the submerged piping system. You can sense vibration, pipe roll over, and water in the grid. Automatic moisture purging and automatic acid dosing systems are available. Through multiple cameras, you can see both inside the grids, and surface bubble patterns. Wet probes are also available for DO and WW temperature. Tracking all this data on a user-friendly online dashboard facilitates communication between consultant and client, manufacturer and rep. This smart technology lets you locate problem areas and allocate resources more efficiently. SSI Telemetry is your preventive maintenance hub in the heart of the plant.



### Grommet Connection

Simple to install on site, compact to ship and move. Affordably priced and time tested over 15 years worldwide.

### Quick Connect Saddle

A split second connection to pipe with a quarter turn is all that is required, reducing labor cost to install disc aeration systems. An integral seal is provided in the saddle to ensure a leak-free connection.

[www.stamfordscientific.com](http://www.stamfordscientific.com)

Figura 37 – Especificação do Difusor de Bolha Fina SSI com 12 polegadas – B

Fonte: Robuschi (2017).



RBS

Modelos		Pressão ΔP (mBar)																	
		200		300		400		500		600		700		800		900		1000	
RPM	m³/min	g/s	m³/min	g/s	m³/min	g/s	m³/min	g/s	m³/min	g/s	m³/min	g/s	m³/min	g/s	m³/min	g/s	m³/min	g/s	
15	1.200	0,7	0,8	0,5	1,0	0,4	1,3												
	2.200	1,7	1,4	1,6	2,0	1,5	2,5	1,4	3,0	1,3	3,4								
	3.000	2,5	2	2,4	2,6	2,3	3,3	2,2	4,1	2,1	4,8	2,1	5,5	2,0	6,3				
	4.000	3,6	2,8	3,5	3,6	3,4	4,5	3,3	5,9	3,2	6,4	3,1	7,3	3,0	8,3	3,0	9,2		
	5.000	4,6	3,7	4,6	4,5	4,4	5,6	4,3	6,8	4,3	8,0	4,2	9,2	4,1	10,4	4,0	11,6		
25	1.500	1,2	1,4	1,1	2,2	0,9	2,2												
	2.200	2,1	2,1	2,0	2,6	1,9	3,3	1,8	4,0	1,6	4,7								
	3.000	3,2	2,9	3,1	3,7	3,0	4,7	2,8	5,5	2,7	6,4	2,6	7,3						
	4.000	4,5	4,1	4,5	4,9	4,3	6,1	4,2	7,3	4,1	8,5	4,0	9,7						
	5.000	5,8	5,4	5,8	6,1	5,7	7,7	5,5	9,2	5,4	10,7	5,3	12,2						
35	1.500	2,1	1,4	1,9	2,1	1,7	2,8	1,6	3,4	1,4	4,1								
	2.200	3,5	2,1	3,3	3,2	3,1	4,1	3,0	5,0	2,8	6,1	2,7	7,1	2,6	8,0				
	3.000	5,1	3,3	4,9	4,5	4,7	5,9	4,6	7,2	4,4	8,5	4,3	9,9	4,2	11,2	4,1	12,6	4,0	13,9
	4.000	7,1	5,1	6,9	6,7	6,7	8,4	6,6	10,1	6,4	12,0	6,3	13,8	6,2	15,8	6,1	17,4	6,0	19,1
	5.000	9,0	7,3	8,9	9,2	8,7	11,4	8,6	13,6	8,4	15,9	8,3	18,1	8,2	20,3	8,1	22,6	8,0	24,8
45	1.500	3,1	2,5	2,9	3,4	2,6	4,4	2,5	5,3	2,3	6,1								
	2.200	5,0	3,8	4,8	5,2	4,6	6,5	4,4	7,9	4,3	9,2	4,1	10,7	4,0	12,0				
	3.000	7,2	5,3	7,1	7,1	6,8	8,9	6,7	10,8	6,5	12,7	6,3	14,6	6,2	16,4	6,1	18,3		
	4.000	10,0	7,3	9,9	9,3	9,6	11,9	9,5	14,3	9,3	16,8	9,1	19,4	9,0	21,8	8,9	24,3	8,7	26,9
	5.000	12,8	9,6	12,7	11,8	12,4	14,8	12,3	17,9	12,1	21,1	11,9	24,2	11,8	27,3	11,7	30,5	11,5	33,6
46	1.500	4,8	3,3	4,6	4,7	4,3	6,1	4,1	7,5	3,9	8,8								
	2.200	7,7	5,5	7,5	7,3	7,2	9,3	7,0	11,4	6,8	13,4	6,6	15,4						
	3.000	10,9	8,5	10,8	10,5	10,5	13,4	10,3	16,0	10,1	18,9	9,9	21,7						
	4.000	15,0	13,2	14,9	15,1	14,7	18,9	14,4	22,5	14,2	26,2	14,0	29,8						
	5.000	19,1	19,1	19,0	20,2	18,8	24,8	18,6	29,4	18,4	34,0	18,2	38,6						
55	1.500	4,9	2,9	4,7	4,2	4,5	5,6	4,3	6,9	4,1	8,4	3,9	9,7	3,8	11,1	3,6	12,4		
	2.200	7,7	4,8	7,5	6,5	7,3	8,5	7,1	10,5	6,9	12,6	6,8	14,6	6,6	16,6	6,5	18,6	6,3	20,6
	3.000	10,9	7,6	10,8	9,6	10,5	12,3	10,4	15,1	10,2	17,8	10,0	20,6	9,9	23,3	9,7	25,9	9,6	28,8
	4.000	14,9	12,4	14,9	14,3	14,7	17,9	14,5	21,7	14,3	25,3	14,1	28,9	14,0	32,5	13,8	36,1	13,7	39,9
	4.800	18,1	17,6	18,1	19,0	17,9	23,4	17,7	27,2	17,5	32,1	17,4	36,5	17,2	40,8	17,1	45,3	17,0	49,7
65	1.500	6,6	4,0	6,4	5,6	6,1	7,5	5,9	9,2	5,7	11,1	5,5	12,8	5,3	14,7				
	2.200	10,4	6,5	10,2	8,7	9,9	11,4	9,7	13,9	9,5	16,6	9,3	19,3	9,1	21,9	8,9	24,6		
	3.000	14,6	10,7	14,5	12,7	14,2	16,3	14,0	19,9	13,8	23,5	13,6	27,2	13,4	30,8	13,2	34,4	13,1	38,0
	4.000	20,1	14,6	19,9	18,7	19,6	23,5	19,4	28,4	19,2	33,2	19,0	38,0	18,8	42,8	18,6	47,7	18,5	52,5
	4.800	24,4	20,1	24,2	24,8	23,9	30,5	23,7	36,3	23,5	42,0	23,3	47,9	23,1	53,7	23,0	59,5	22,8	65,2
66	1.500	9,1	5,5	8,6	8,0	8,1	10,5	7,7	13,1	7,4	15,8								
	2.200	14,5	8,7	14,0	12,2	13,5	15,9	13,1	19,8	12,8	23,5	12,4	27,3						
	3.000	20,6	13,2	20,2	17,2	19,7	22,7	19,3	28,0	18,9	33,2	18,6	38,3						
	4.000	28,2	20,6	27,9	25,8	27,4	32,6	27,0	39,5	26,6	46,5	26,3	53,3						
	4.800	34,3	28,5	34,0	33,6	33,6	41,9	33,2	50,2	32,8	58,4	32,5	66,7						
75	1.500	10,2	6,0	9,8	8,5	9,5	11,4	9,2	14,0	9,9	16,7	8,6	19,4	8,4	22,2	8,1	24,9	7,9	27,6
	2.200	15,9	9,8	15,5	13,4	15,2	17,4	14,8	21,4	14,6	25,3	14,3	29,3	14,0	33,3	13,8	37,3	13,6	41,2
	2.800	20,7	13,8	20,4	18,2	20,0	23,3	19,7	28,2	19,4	33,3	19,2	38,4	18,9	43,5	18,7	48,6	18,5	53,7
	3.200	24,0	17,0	23,6	21,8	23,3	27,6	23,0	33,3	22,7	39,2	22,4	45,0	22,2	50,7	21,9	56,6	21,7	62,4
	3.800	28,8	22,9	28,5	28,0	28,2	34,9	27,8	41,8	27,6	48,6	27,3	55,6	27,0	62,4	26,8	69,4	26,6	76,2
85	1.500	15,0	7,9	14,4	12,7	13,8	16,7	13,4	20,7	12,9	24,8	12,5	28,8	12,1	32,8				
	2.200	23,3	15,0	22,8	19,8	22,2	25,7	21,8	31,6	21,3	37,5	20,9	43,3	20,5	49,3	20,2	55,2	19,8	61,1
	2.800	30,4	21,7	30,0	26,9	29,4	34,4	29,0	41,9	28,5	49,4	28,1	56,9	27,7	64,4	27,4	71,9	27,0	79,4
	3.200	35,1	27,2	34,8	32,2	34,2	40,8	33,8	49,4	33,3	58,0	32,9	66,6	32,5	75,1	32,2	83,7	31,8	92,3
	3.800	42,2	37,2	42,0	41,5	41,4	51,7	41,0	61,5	40,5	72,1	40,1	82,2	39,7	92,4	39,4	102,6	39,0	112,8
86	1.500	19,4	11,9	18,7	16,4	18,0	21,7	17,4	26,9	16,8	32,1	16,3	37,3						
	2.200	30,2	20,1	29,6	25,6	28,9	33,2	28,3	40,8	27,7	48,5	27,2	56,2						
	2.800	39,3	29,7	39,0	34,5	38,3	44,3	37,6	54,1	37,1	63,7	36,5	73,5						
	3.200	45,9	31,3	45,2	41,4	44,5	52,5	43,9	63,6	43,3	74,7	42,8	85,9						
	3.800	55,3	41,8	54,6	52,9	53,9	66,2	53,2	79,4	52,7	92,7	52,1	105,8						
95	1.200	16,9	9,7	16,3	14,2	15,7	18,6	15,2	23,1	14,7	27,6	14,3	32,1	13,9	36,5	13,5	41,0	13,1	45,5
	1.500	21,9	12,8	21,3	18,2	20,7	23,8	20,2	29,4	19,7	35,1	19,3	40,6	18,9	46,2	18,5	51,8	18,2	57,4
	2.200	33,6	21,5	33,0	29,3	32,4	37,9	31,9	45,7	31,4	54,0	31,0	62,1	30,6	70,3	30,2	78,5	29,8	86,7
	2.600	40,2	28,0	39,6	36,8	39,1	46,5	38,5	56,7	38,1	65,9	37,7	75,7	37,3	85,3	36,9	95,0	36,5	104,7
	3.000	46,9	35,5	46,3	45,5	45,7	56,6	45,2	67,9	44,8	79,0	44,3	90,3	43,9	101,4	43,6	112,7	43,2	123,8
105	1.200	20,1	12,6	21,2	18,2	20,5	24,2	19,8	29,8	19,2	35,7	18,7	41,5	18,1	47,4	17,7	52,2		
	1.500	28,5	16,4	27,7	23,7	27,0	30,6	26,3	37,9	25,7	45,3	25,2	52,5	24,7	59,7	24,2	67,1		
	2.200	43,7	27,3	43,0	36,9	42,7	47,7	41,5	58,4	40,9	69,0	40,4	79,7	39,9	90,4	39,4	101,0	38,9	111,7
	2.600	52,3	35,2	51,6	46,1	50,9	58,8	50,2	71,2	49,6	83,8	49,1	96,6	48,6	109,2	48,1	121,8	47,6	134,4
	3.000	61,0	44,4	60,3	56,2	59,6	70,8	59,9	85,5	58,3	99,9	57,8	114,5	57,3	129,1	56,8	143,6	56,3	158,2
106	1.200	30,0	17,1	28,9	24,6	27,9	32,7	26,9	40,6	26,1	48,6	25,3	56,5						
	1.																		



Soprador de Ar Robushi – Tabela de Pressão – $\Delta P$ (mBar)													
Modelo	RPM	200		300		400		500		600		700	
		m <sup>3</sup> /min	BHP										
46	1200	4,8	3,3	4,6	4,7	4,3	6,1	4,1	7,5	3,9	8,8	--	--
	2200	7,7	5,5	7,5	7,3	7,2	9,3	7,0	11,4	6,8	13,4	6,6	15,4
	3000	10,9	8,5	10,8	10,5	10,5	13,4	10,3	16,0	10,1	18,9	9,9	21,7
	4000	15,0	13,2	14,9	15,1	14,7	18,9	14,4	22,5	14,2	26,2	14,0	29,8
	5000	19,1	19,1	19,0	20,2	18,8	24,8	18,6	29,4	18,4	34,0	18,2	38,6

OBS: Os referidos do ar atmosférico são Barométrica: 1013 mbar abs.; Temperatura: 20 °C; Umidade relativa: 50 %; Peso específico: 1,2 kg/m<sup>3</sup>; Tolerância conforme especificação Robushi TE 1.S.0015.

**Figura 39 – Soprador de Ar: Robox 2 BS 46 – Detalhes da Especificação.**

Fonte: Robuschi (2017).



## ROBOX

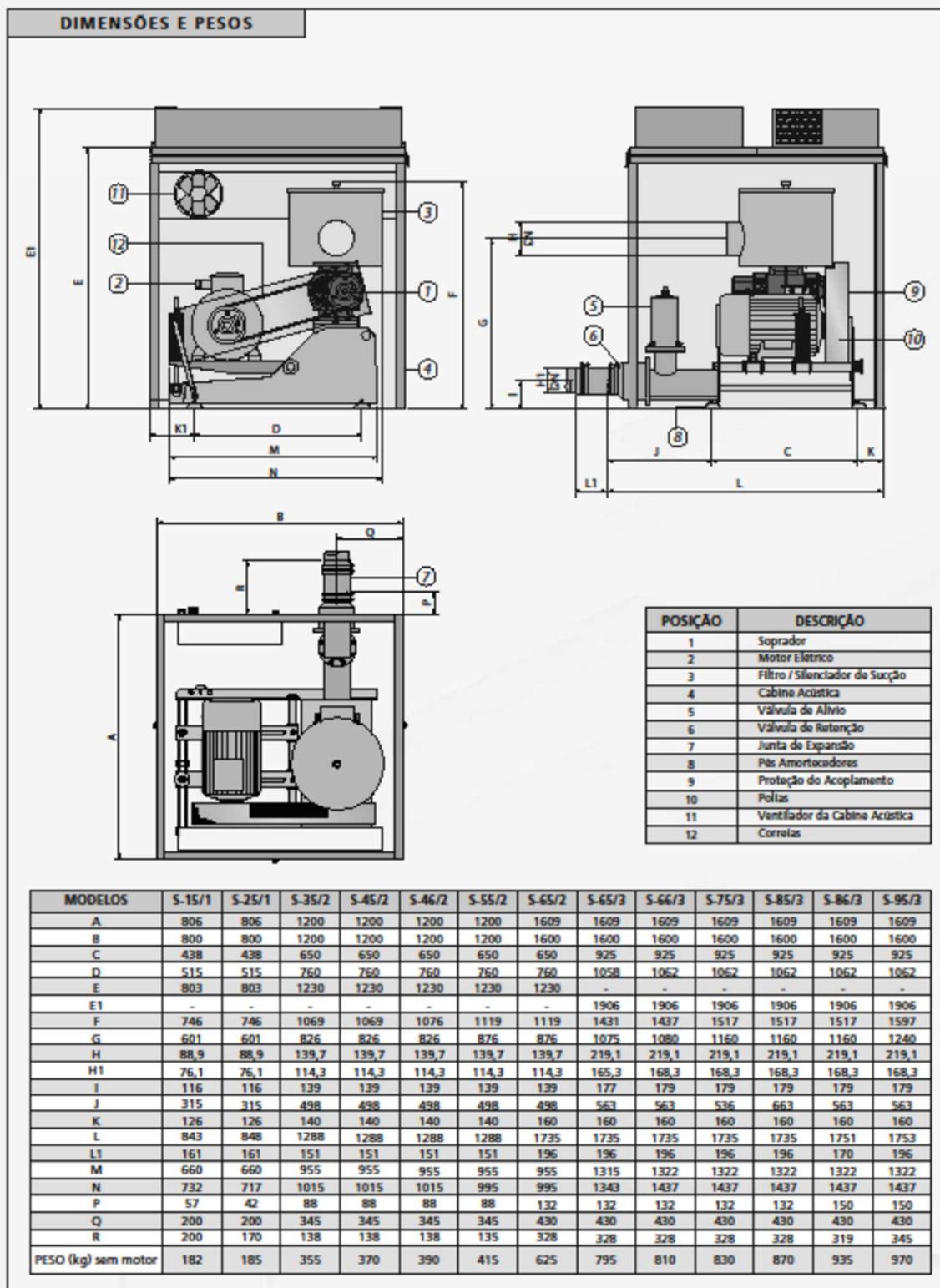


Figura 40 – Soprador de Ar: Robox 2 BS 46 – Dimensões.

Fonte: Robuschi (2017).



- **Decantador Secundário**

Foi adotado um Decantador Secundário com diâmetro de 3,0 m (área de 7,1 m<sup>2</sup>), como recomendado e fabricado pela Empresa Environquip (modulo), e, devido à pequena dimensão, não se incorporou o braço raspador mecanizado. A Tabela 67, apresenta os parâmetros de cálculo do Decantador Secundário.

Tabela 67 – Parâmetros Decantador Secundário.

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS	
Vazão de despejos líquidos	37.200	L/dia	37,2	m <sup>3</sup> /dia
Período operacional	24	h/dia		
Vazão horária de despejos líquidos	1,6	m <sup>3</sup> /h		
Taxa de aplicação superficial	10	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia	≤16 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia	ABNT NBR 12209/2011
Área superficial do decantador	3,7	m <sup>2</sup>	adotada	
Concentração de MLSS no reator	3,5	kg/m <sup>3</sup>	especificado em SST	
Carga orgânica em MLSS	10,9	kg/h		(Q + Qr) 3,5
Carga de sólidos no decantador	3	kg/m <sup>2</sup> .h	1 – 5	120 kg/m <sup>2</sup> .d(ABNT NBR 12209/2011)
Área superficial do decantador	3,6	m <sup>2</sup>		
Diâmetro do decantador	2,2	m		mínimo
Profundidade útil	3,0	m		
Profundidade útil em relação ao centro		m		
Profundidade útil média		m		
Volume útil do decantador		m <sup>3</sup>		
Tempo de residência		h	> 1,5	ABNT NBR 12209/2011
Velocidade de rotação do raspador	0,03	rpm		

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

## Desaguamento do Lodo - Dimensionamento

- **Adensador por Gravidade**

Devido à baixa concentração do lodo secundário produzido sugeriu-se a instalação de adensador por gravidade, cujos parâmetros de cálculo se encontram na Tabela 68.

Tabela 68 – Parâmetros do adensador por gravidade.

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS	
Massa de lodo descartado	63,8	kg/dia		
Concentração de retorno de lodos	8000	mg/L	como SST	
Vazão de lodo descartado	8,0	m <sup>3</sup> /dia		
Carga de sólidos no adensador	30	kg/m <sup>2</sup> .d	ABNT NBR 12209	
Área superficial do adensador	2,1	m <sup>2</sup>	adotado	
Área superficial do adensador	1,3	m <sup>2</sup>	6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . d (< 8 , ABNT NBR 12209/2011)	
Diâmetro do adensador	1,6	m	adotado	
Profundidade útil	3,0	m	em relação à parede lateral	
Concentração do lodo efluente	30.000	mg/L	3%, como SST	
Eficiência do adensador	100	%	Captura de sólidos	

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Foi adotado um Adensador de lodo com diâmetro de 2 m (área de 3,1 m<sup>2</sup>), como recomendado e fabricado pela Empresa Environquip (módulo), e, devido à pequena dimensão, não se incorporou o braço raspador mecanizado. O formato é semelhante ao Decantador Secundário, circular em planta, cilíndrico em perfil sendo cônico o seu fundo para propiciar o escoamento gravitacional do lodo ao centro do adensador.





As pranchas 061 a 065 apresentam o detalhamento da Estação de Tratamento, em planta, cortes e detalhes.

- **Desaguamento do Lodo**

Previram-se leitos de secagem o desaguamento do lodo, devido a simplicidade de operação e baixo custo de implantação. A Tabela 69 apresenta os parâmetros do cálculo da área do desaguamento do lodo em Leito de Secagem.

**Tabela 69 – Parâmetros do desaguamento de lodo no Leito de Secagem.**

Parâmetro	Valor	Unidade	OBS
Massa de lodo descartado	63,8	kg/dia	
Concentração do lodo adensado	30.000	mg/L	3% como SST
Carga de sólidos no leito	15	kg/m <sup>2</sup> .ciclo	ABNT NBR 12209/2011
Área superficial do leito	50	m <sup>2</sup>	10 x 5 m (adotado)
Tempo do ciclo	25	dia	
Profundidade útil do leito	0,5	m	
Área total do leitor	150	m <sup>2</sup>	
Número de leitos	3	UN	1 de reserva

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

A prancha 066 detalha o Leito de Secagem. O lodo produzido no tratamento biológico, de concentração de sólidos aproximada de 20% (ST), após o desaguamento no Leito, deverá ser destinado adequadamente, por ser considerado resíduo Classe I. Recomenda-se, pela proximidade, o Aterro Industrial de Cascavel (CTR), da Paraná Ambiental.

Após 40 anos ou mais de uso, grande parte dos equipamentos integrantes da Estação de Tratamento estará obsoleto e deteriorado. Este período de tempo citado observou a vida útil do Aterro, adicionados os anos de produção (e monitoramento do chorume) após o encerramento do Aterro. Por isso, poderão ser vendidos, pois tem vários componentes em aço inox, que possuem algum valor como sucata, sendo este o descomissionamento sugerido. Exceção feita ao Tanque de Aeração em concreto (obra civil), que poderá ter outro destino, a ser averiguado na oportunidade.

Os projetos complementares estão apresentados nos itens 2.4.7 – Projeto Estrutural em Concreto Armado e 2.4.8 – Projeto Elétrico e de Automação.

- **Recirculação de Chorume**

Para o efluente final gerado (chorume), adotou-se, independentemente do sistema de tratamento proposto, processo de recirculação de 100 (cem) por cento do efluente gerado para a massa de resíduo já existente, mantendo-se um sistema de tratamento em circuito fechado. Esta alternativa protege também o corpo receptor de eventuais problemas na Estação de Tratamento, evitando o lançamento de chorume bruto no corpo de água receptor.

Foi utilizada a solução de vala de infiltração do chorume no Aterro, em detrimento a aspersão, essa citada no Termo de Referência. A decisão foi pautada inicialmente em função da baixa vazão de projeto, inferior a 0,5 l/s ou seja, equivalente a uma torneira de lavatório aberta. Também destaca-se que o objetivo final da recirculação do chorume é a simples infiltração no maciço. Além disso os aspersores comerciais requerem pressões de trabalhos superiores a 15 mca, representando um acréscimo energético aqui considerado desnecessário, haja visto que esse acréscimo representa 50% na altura manométrica da Estação Elevatória de Recirculação prevista



(EEE 3). Deve-se lembrar que as bombas submersíveis para esgoto (no caso lixiviado) geralmente são disponíveis para baixas alturas manométricas.

A vala de infiltração foi apresentada na Prancha 058, em detalhe e localizada em planta, na sua etapa final. Nas camadas intermediárias a vala será instalada em local conveniente, de acordo com a evolução da construção do Aterro, dada a sua simplicidade construtiva e operacional.

A Figura 41, extraída do detalhe apresentada na Prancha 058, apresenta a bacia de infiltração do chorume recirculado. No projeto foi apresentada a disposição final da mesma, considerando o máximo Desnível Geométrico, para o dimensionamento da bomba. Porém, ao longo do desenvolvimento do aterro a bacia deverá ser instalada na posição de melhor conveniência para operação, sendo que, a cada novo nível a mesma deverá ter suas tubulações de PVC e o adaptador PEAD de compressão retirados e nesse ponto a nova tubulação de PEAD conectada. No novo ponto de infiltração, a nova bacia de infiltração deverá ser instalada, com as mesmas características apresentadas, e a tubulação de PVC novamente instalada. Esse procedimento deverá se repetir até a construção da última célula do aterro, quando a bacia de infiltração deverá ser implantada na posição sugerida.

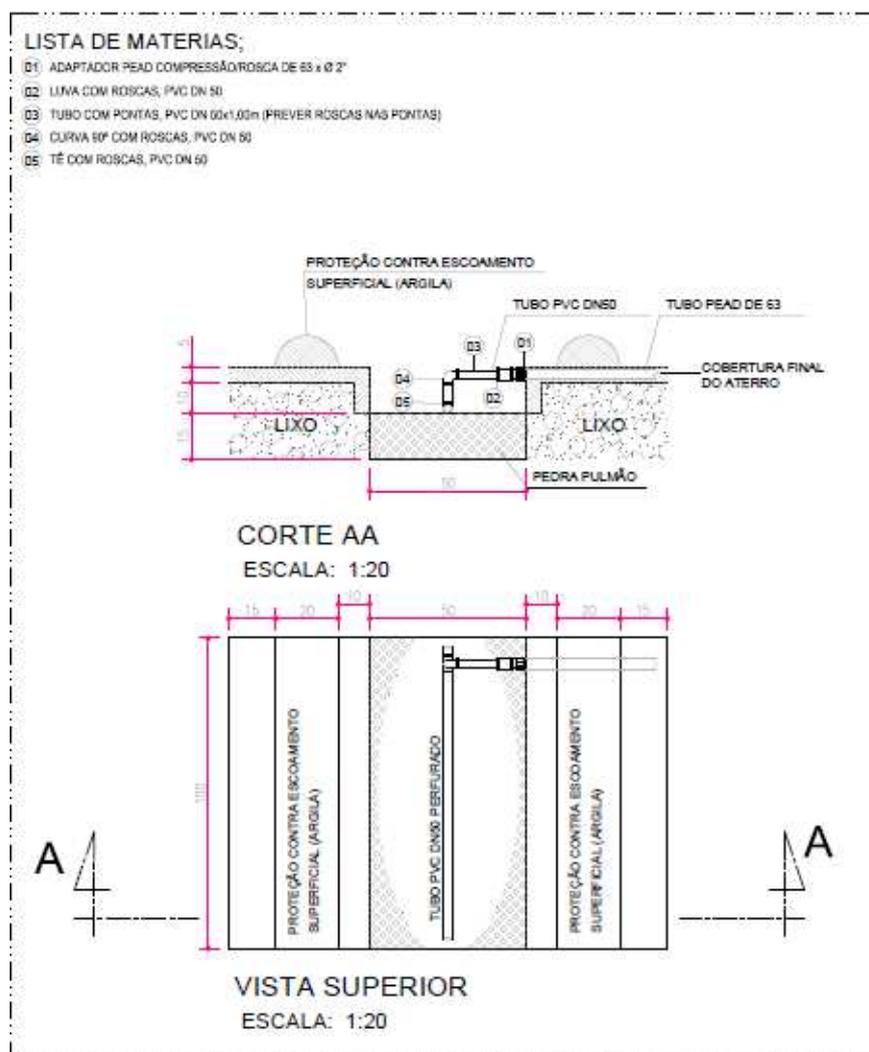


Figura 41 – Bacia de Infiltração do Chorume recirculado.

Fonte: Habitat Ecológico (2017).



## Conjuntos Elevatórios

- **Captação e Estação de Bombeamento**

As Estações Elevatórias conduzirão o chorume, do Aterro até a entrada da Estação de Tratamento (EEE 1 e EEE 2) e também o efluente da mesma recirculando ao Aterro (EEE 3). As elevatórias deverão ser instaladas no início da etapa de implantação. Cabe observar que o dimensionamento da elevatória (EEE 3) foi realizado considerando a pior situação em termos de desnível geométrico, ou seja, a bacia de infiltração instalada na última camada do Aterro Sanitário. No Leito de Secagem do lodo haverá outra elevatória para o percolado, retornado à Estação (EEE 4). Serão utilizados, portanto, quatro conjuntos moto bomba compostos por bombas centrífugas mono estágio, acopladas a um motor elétrico trifásico, dimensionados para atender às necessidades do sistema (Ver Tabela 70). Como especificação foi adotada a Bomba Grunfos, modelo SEG ou equivalente, cujas informações estão apresentadas na Figura 42 à Figura 44, parcialmente, e no **Anexo L** – Estações Elevatórias, Tomo II, de forma mais extensa.

Quanto à estação elevatória (EEE 3), além de recircular o chorume tratado, ela recirculará o chorume bruto na eventualidade da Estação de Tratamento não estar operando (by-pass). Salienta-se que o chorume bruto desviado (by-pass) nunca poderá ser lançado em qualquer corpo hídrico.

Deverá ser previsto inversor de frequência visando à adequação da vazão de bombeamento a produção de chorume. Os itens 2.4.8.12 – Comando de Bombas e 2.4.8.13 – Instrumentação, que constam do Projeto Elétrico, abordam estes aspectos e outros, inclusive relativos ao acionamento das bombas.



		<b>Nome empresa:</b> <b>Criado por:</b> <b>Telefone:</b>  <b>Data:</b> 08/12/2017
Posição	Quantid.	Descrição
	1	<p><b>SEG.40.15.2.60H</b></p> <p><b>Código:</b> A pedido</p> <p>As bombas SEG da Grundfos são bombas submersíveis com orifício de descarga horizontal, concebidas especificamente para o bombeamento pressurizado de águas residuais com descarga de sanitas. As bombas SEG estão equipadas com um sistema de trituração que mói os sólidos destrutíveis em pedaços pequenos, para poderem ser transportados e eliminados por tubagens de diâmetro relativamente reduzido. A bomba dispõe de uma superfície lisa para impedir que sujidade e impurezas adiram à mesma. A bomba é fabricada essencialmente em ferro fundido. A braçadeira que prende o motor ao corpo da bomba é fabricada em aço inoxidável para impedir a corrosão e para facilitar a realização de assistência técnica na bomba. O cabo eléctrico da bomba inclui igualmente fios para os sensores térmicos no enrolamento do motor. A ligação do cabo é uma solução de ficha. A ligação de ficha totalmente vedada impede a entrada de humidade na bomba através do cabo em caso de ruptura do cabo ou de manuseamento incorrecto e/ou negligente do cabo da bomba. A bomba tem de ser ligada a uma caixa de terminais ou a um controlador. A bomba foi testada pela CSA.</p> <p><b>Controlos:</b>          Sensor de humidade: sem sensores de humidade          AUTOADAPT: NO</p> <p><b>Líquido:</b>          Líquido bombeado: Água          Gama de temperatura do líquido: 0 .. 40 °C          Liquid temperature during operation: 20 °C          Densidade: 1000 kg/m³</p> <p><b>Técnicos:</b>          Caudal efectivo calculado: 0.267 l/seg          Altura manométrica resultante da bomba: 22.87 m          Tipo de impulsor: SIST. TRITUR.          Empanque principal: SIC/SIC          Empanque secundário: LIPSEAL          Homologações na chapa de características: PA-I          Tolerância da curva: ISO9906:2012 3B2</p> <p><b>Materiais:</b>          Corpo da bomba: Ferro fundido          EN1561 EN-GJL-200          Impulsor: Ferro fundido          EN1561 EN-GJL-200</p> <p><b>Instalação:</b>          Temperatura ambiente máxima: 40 °C          Pressão máx. de funcionamento: 6 bar</p>

Impresso do CAPS Grundfos [2017.07.033]

1/14

Figura 42 – Especificação das Bombas de recalque do chorume: (a) Aterro;

Fonte: Grundfos (2017).

		<b>Nome empresa:</b> <b>Criado por:</b> <b>Telefone:</b>  <b>Data:</b> 08/12/2017
Posição	Quantid.	Descrição
	1	<b>SEG.40.26.2.60M</b>  <p><b>Código:</b> A pedido</p> <p>As bombas SEG da Grundfos são bombas submersíveis com orifício de descarga horizontal, concebidas especificamente para o bombeamento pressurizado de águas residuais com descarga de sanitas. As bombas SEG estão equipadas com um sistema de trituração que mói os sólidos destrutíveis em pedaços pequenos, para poderem ser transportados e eliminados por tubagens de diâmetro relativamente reduzido. A bomba dispõe de uma superfície lisa para impedir que sujidade e impurezas adiram à mesma. A bomba é fabricada essencialmente em ferro fundido. A braçadeira que prende o motor ao corpo da bomba é fabricada em aço inoxidável para impedir a corrosão e para facilitar a realização de assistência técnica na bomba. O cabo eléctrico da bomba inclui igualmente fios para os sensores térmicos no enrolamento do motor. A ligação do cabo é uma solução de ficha. A ligação de ficha totalmente vedada impede a entrada de humidade na bomba através do cabo em caso de ruptura do cabo ou de manuseamento incorrecto e/ou negligente do cabo da bomba. A bomba tem de ser ligada a uma caixa de terminais ou a um controlador. A bomba foi testada pela CSA.</p> <p><b>Controlos:</b>          Sensor de humidade: sem sensores de humidade          AUTOADAPT: NO</p> <p><b>Líquido:</b>          Líquido bombeado: Água          Gama de temperatura do líquido: 0 .. 40 °C          Liquid temperature during operation: 20 °C          Densidade: 1000 kg/m³</p> <p><b>Técnicos:</b>          Caudal efectivo calculado: 0.574 l/seg          Altura manométrica resultante da bomba: 32.88 m          Tipo de impulsor: SIST. TRITUR.          Empanque principal: SIC/SIC          Empanque secundário: CARBON/CERAMICS          Homologações na chapa de características: PA-I          Tolerância da curva: ISO9906:2012 3B2</p> <p><b>Materiais:</b>          Corpo da bomba: Ferro fundido          EN1561 EN-GJL-200          Impulsor: Ferro fundido          EN1561 EN-GJL-200</p> <p><b>Instalação:</b>          Temperatura ambiente máxima: 40 °C          Pressão máx. de funcionamento: 6 bar</p>

Impresso do CAPS Grundfos [2017.07.033]

1/11

Figura 43 – Especificação das Bombas de recalque do chorume: (b) Recirculação (continuação).

Fonte: Grundfos (2017).

		<b>Company name:</b> <b>Created by:</b> <b>Phone:</b> <b>Date:</b> 06/12/2017
		<b>Position</b>   <b>Qty.</b>   <b>Description</b>
	1	<b>SEG.A15.20.R2.2.60H</b>  <p style="text-align: center;"><i>Note! Product picture may differ from actual product</i></p> <p>Product No.: <a href="#">98682339</a></p> <p>Grundfos SEG pumps are submersible pumps with horizontal discharge port, specifically designed for pressurized pumping of wastewater with discharge from toilets.          The SEG pumps are equipped with a grinder system, grinding destructible solids into small pieces so that they can be led away through pipes of a relatively small diameter.</p> <p>The surface of the pump is smooth to prevent dirt and impurities from sticking to the pump.          The pump is primarily made of cast iron. The clamp securing the motor to the pump housing is made of stainless steel to prevent corrosion and allow for ease of service of the pump.          The power cable of the pump also incorporates wires for the thermal sensors in the motor winding.          The cable connection is a plug solution. The totally sealed plug connection prevents moisture from entering the pump through the cable in case of cable breakage or adverse and/or careless handling of the pump cable.</p> <p>The pump must be connected to a control box or a controller.</p> <p>The pump has been tested by CSA.</p> <p><b>Controls:</b>          Moisture sensor: with moisture sensors          AUTOADAPT: NO</p> <p><b>Liquid:</b>          Pumped liquid: Water          Liquid temperature range: 0 .. 40 °C          Density: 1000 kg/m³</p> <p><b>Technical:</b>          Actual calculated flow: 0.492 l/s          Resulting head of the pump: 13.15 m          Type of impeller: GRINDER SYSTEM          Primary shaft seal: SIC/SIC          Secondary shaft seal: LIPSEAL          Approvals on nameplate: PA-I          Curve tolerance: ANSI/HI11.6:2012 3B2</p> <p><b>Materials:</b>          Pump housing: Cast iron          EN1561 EN-GJL-200          Impeller: Cast iron          EN1561 EN-GJL-200</p> <p><b>Installation:</b>          Maximum ambient temperature: 40 °C          Maximum operating pressure: 6 bar          Flange standard: ANSI</p>

Printed from Grundfos Product Centre [2017.07.033]

1/11

Figura 44 – Especificação das Bombas de recalque do chorume: (c) Percolado (continuação).

Fonte: Grundfos (2017).



Tabela 70 – Aterro Sanitário de Toledo: Resumo dos Conjuntos Motor Bomba para Recalque do Chorume (1).

EEE	1	2	3	4	5
MODELO (1)	SEG.40.15.2.60H	SEG.40.15.2.60H	SEG.40.15.2.60H	SEG.40.26.2.60M	SEG.A15.20.R2.2.60H
Localização	ATERRO	ATERRO	ATERRO	EFLUENTE FINAL -RECIRCULAÇÃO AO ATERRO	PERCOLADO DO LEITO DE SECAGEM
Vazão (L/s)	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5
Altura Geométrica (m)	16,0	16,0	16,0	22,5	9,0
Altura Manométrica (m)	22,6	22,6	22,6	32,8	13,2
Shut off (m)	22,8	22,8	22,8	33,0	13,7
Potencia (kW)(2)	1,9	1,9	1,9	3,4	1,2
Diâmetro nominal (mm) (3)	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0
Diâmetro de Recalque (mm) (3)	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4

OBS: (1) Bomba submersível Grundfos modelo SEG; (2) Bombas trifásicas com tensão de 220 V; (3) Tubulação de Recalque em PEAD.

Fonte: Grundfos (2017).

A potência do motor é fornecida pela equação:

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H_m \text{ (kgf.m/s)}$$

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H_m / 75 \cdot \eta \text{ (CV ou HP)}$$

Onde:

$\gamma$ : peso específico da água;

Q: vazão de recalque,

Hm: altura manométrica;

$\eta$ : Rendimento global do conjunto elevatório.

No caso deste trabalho adotaram-se as potências fornecida pelo fabricante, que expressam a fórmula acima, como apresentado no Anexo K (Tomo II). Por serem bombas submersíveis no estudo da sucção omitiu-se o estudo do NPSH.

As Pranchas 059 e 060, apresentam as Estações Elevatórias 1 a 4 em planta, cortes e detalhes.

- **Tubulações de Recalque**

A tubulação de recalque foi dimensionada para permitir um fluxo adequado ao sistema e foi composta por uma tubulação de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) PEAD - PN10 - PE100 - DE 63 (ABNT NBR 15561/2017). A Tabela 70 apresenta os diâmetros a serem observados.





As conexões a serem utilizadas são do tipo soquete e solda tipo soquete por termofusão, sempre seguindo recomendações do fabricante, e recomenda-se contratar pessoal técnico especializado para esta execução, com experiência comprovada. O detalhe do assentamento desta tubulação no terreno esta apresentado na Prancha 058.

- **Recirculação de Lodo**

O conjunto elevatório para recirculação do lodo biológico, sedimentado no Decantador, ao Tanque de Aeração será de fabricação Netzsch, modelo NEMO NM 021BY, ou similar (Figura 45, Figura 46 e Tabela 71). A vazão de recirculação de lodo, apresentado na Tabela 43 é 37,2 m<sup>3</sup>/dia e a altura do Nível de Água no Tanque de Aeração é 4 m.

Deverá ser previsto inversor de frequência visando à adequação da vazão de recirculação a demanda da operação da Estação. Os itens 2.4.8.142 – Comando de Bombas e 2.4.8.13 – Instrumentação, que constam do Projeto Elétrico, abordam estes aspectos e outros, inclusive relativos ao acionamento das bombas.

**Tabela 71 – Bomba de Recalque de lodo Nemo 021 BY: Dados Técnicos e Principais Dimensões.**

Modelo	Motor Elétrico	Dimensões Básicas (mm)				
		h2	h3	k	k1	O
NM 021 BY	1,0 CV	160	173	547	935	404

Fonte: NETZSCH (2017).



## BOMBA NEMO® BY

# NETZSCH

As Bombas Monobloco NETZSCH Série BY foram desenvolvidas com o objetivo de alcançar maior eficiência com menor investimento. Mais de 30 anos de experiência aplicada ao desenvolvimento desta nova família de Bombas Helicoidais.

Seu projeto compacto oferece a melhor solução tecnológica para as mais variadas aplicações, podendo ser aplicada em todos os segmentos industriais, assim como: Indústria

Alimentícia, Bebidas, Química, Saneamento, Tintas, Papel e Celulose, Usinas de Açúcar e Alcool e outras.

### Design Compacto

- Bomba acoplada ao motorreductor;
- Montagem simplificada através de quatro parafusos chumbadores.

### Infinidade de Aplicações

A Bomba NEMO® Monobloco Série BY é principalmente indicada para meios com:

- Alto teor de sólidos;
- Alta e baixa viscosidade;
- Alta e baixa abrasividade;
- Meios agressivos quimicamente táxicos;
- Lubrificantes e não lubrificantes.

### NEMO® BY



### Características Típicas

- Fluxo contínuo sem pulsação;
- Alto rendimento, mesmo em baixas velocidades;
- Precisão no controle do fluxo (dosagem);
- Não necessita de válvulas;
- Flexibilidade de montagem;
- Baixo valor da NSPH requerida.

### Materiais de Construção

- Ferro Fundido, Aço Inox 304 ou 316, Aço Carbono e outros;
- Estator em diferentes componentes de borracha resistente a abrasão, ao ataque químico ou a altas temperaturas. Opcional em ferro fundido ou PTFE.

### Vedação do Eixo

Possui como padrão a vedação através de selo mecânico de simples efeito, opcional duplo efeito.

### Articulação

Tipo pino com vedação SM ou tipo Junta Universal.

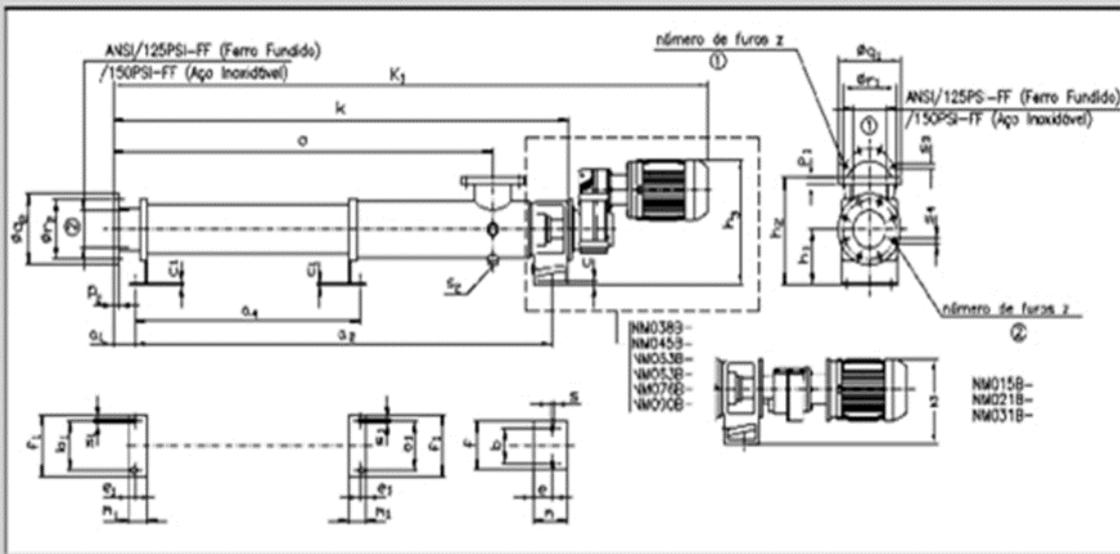
### Dados Técnicos:

Vazão máx.: Até 80m<sup>3</sup>/h;  
Pressão máx.: Até 12 bar;  
Sucção: até 8,5 m.c.a.;  
Temperaturas: de -20°C até 180°C

Figura 45 – Bomba de Recalque de lodo Nemo BY: Especificação

Fonte: NETZSCH (2017).

Dados Técnicos e Dimensões para Montagem



\*NETZSCH se reserva ao direito de alterar estas informações sem aviso prévio.

Modelos	Motor Elétrico	Dimensões Básicas																	Flanges										
		a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>4</sub>	b	b <sub>1</sub>	c	c <sub>1</sub>	e	e <sub>1</sub>	f	f <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	k	k <sub>1</sub>	m	m <sub>1</sub>	o	s	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	ANSI ①	D <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub>
NM015-BF	1,0 CV	41	411	-	95	50	8	5	28	15	125	80	100	160	173	471	800	55	40	328	12	9	NPT 1/2"	2"	15,7	102,4	120,6	19	4
NM021-BF	1,0 CV	41	487	-	95	50	8	5	28	15	125	80	100	160	173	547	936	55	40	404	12	9	NPT 1/2"	2"	15,7	102,4	120,6	19	4
NM031-BF	2,0 CV	77	837	-	115	89	10	5	27	20	150	100	112	222	207	748	1174	60	50	540	12	11	NPT 3/4"	2,5"	19,1	132,4	152,4	19	4
NM038-BF	3,0 CV	85	950	-	115	95	10	6	35	20	150	130	132	262	359	1062	1548	60	55	638	14	11	NPT 3/4"	3"	23,8	162,6	190,5	19	8
NM045-BF	3,0 CV	84	1281	-	115	115	10	6	42	20	150	150	160	310	387	1195	1681	70	55	871	14	11	NPT 3/4"	3"	23,8	162,6	190,5	19	8
NM053-BF	7,5 CV	89	1305	-	115	125	10	6	50	25	150	160	170	335	440	1414	1952	70	60	1153	14	13,5	NPT 3/4"	4"	25,4	177,8	205,4	19	8
NM063-BF	7,5 CV	119	1524	-	125	145	12	6	60	25	175	180	200	400	470	1665	2203	100	70	1365	18	13,5	NPT 1"	4"	25,4	177,8	205,4	19	8
NM076-BF	20 CV	129	1709	-	125	195	15	6	90	25	175	230	225	435	563	1883	2585	120	70	1558	18	13,5	NPT 1"	6"	25,4	177,8	205,4	19	8
NM090-BF	30 CV	122	1995	-	160	200	18	8	95	25	210	250	250	470	662	2167	3007	143	80	1837	18	17,5	NPT 1"	6"	25,4	177,8	205,4	19	8

Figura 46 – Bomba de Recalque de lodo Nemo BY: Dados Técnicos e Dimensões para Montagem  
Fonte: NETZSCH (2017).



## 2.4.7 Projeto Estrutural em Concreto Armado

### 2.4.7.1 Justificativa

O presente memorial tem por finalidade complementar as informações apresentadas no Projeto Executivo de Engenharia do Novo Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (Resíduos Classe II) do município de Toledo – PR, mais especificamente, do Projeto Estrutural em concreto armado das seguintes unidades:

- Tanque de Aeração;
- Decantador;
- Adensador;
- QDLF (Casa de quadro de distribuição luz e força);
- Leitões de secagem de espuma;
- Base do gasômetro;
- Base do gerador de energia;
- Dissipador de energia – efluente esgoto; e,
- Dissipador de energia – águas pluviais.

### 2.4.7.2 Objetivo

Apresentar as justificativas de cálculos, critérios de dimensionamento e soluções detalhados nas Pranchas 070 à 085.

### 2.4.7.3 Relatório

Para o desenvolvimento do projeto foi usado como base de informações as pranchas dos projetos hidráulicos, referências geométricas, definições sobre os equipamentos, além do boletim de sondagem do terreno.

O desenvolvimento do projeto iniciou com o lançamento das formas nos locais dos apoios, previamente definidos, seguido do cálculo das cargas atuantes nas fundações e o dimensionamento dos blocos.

Para o cálculo das cargas atuantes foram utilizadas as normas vigentes referentes a estruturas de concreto armado:

- ABNT NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto-procedimento;
- ABNT NBR 6122/2010: Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 12655/2015: Concreto de cimento Portland - preparo, controle e recebimento - procedimento e normas complementares;
- ABNT NBR 7480/1996: Aço para concreto armado em barras;





- ABNT NBR 12654/1992: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto;
- ABNT NBR 14931/2004: Execução de estruturas de concreto – procedimentos;
- ABNT NBR 8953/2015: Concreto para fins estruturais - classificação por grupos de resistência e consistência; e,
- ABNT NBR6123/1988- Forças devidas ao vento em edificações.

Para o dimensionamento das estruturas foram adotados os seguintes materiais:

- Concreto simples (uso não estrutural):  $f_{ck}=15\text{MPa}$  ( $150\text{kgf/cm}^2$ ) - CLASSE 15 (C15);
- Concreto estrutural (uso nas estacas):  $f_{ck}=25\text{MPa}$  ( $250\text{kgf/cm}^2$ ) - CLASSE 25 (C25);
- Concreto estrutural (uso nos dissipadores de energia de esgoto e pluvial)  $f_{ck}=25\text{MPa}$  ( $250\text{kgf/cm}^2$ ) - CLASSE 25 (C25);
- Concreto estrutural (uso nas demais estruturas):  $f_{ck}=40\text{MPa}$  ( $400\text{kgf/cm}^2$ ) - CLASSE 40 (C40);
- Armaduras de aço em barras: CA-50  $f_{yk}=500\text{MPa}$ ; e,
- Cobrimento das estruturas: 5,0 cm, para garantir o cobrimento nominal utilizar espaçador para armação de ferro colunas vigas S15 ou similar.

No cálculo das estruturas foram utilizados softwares específicos de dimensionamento: Ftool 4.0, e Eberick 2018, como auxiliares nas definições estruturais.

Em todas as unidades foi considerada a Classe de Agressividade Ambiental:

- (CAA) = IV - Muito Forte, conforme ABNT NBR 6118/2014.

Todas as informações necessárias para a execução das estruturas constam nas pranchas do projeto: locação e detalhes das estacas, dos blocos, lajes de piso, paredes estruturais, plataformas, detalhes das armaduras, níveis, detalhes construtivos e resumo de materiais: aço, formas e concreto.

#### 2.4.7.4 Carga nas Estruturas

Parâmetros adotados para o cálculo das cargas atuantes na estrutura:

- Cargas permanentes

Peso específico do concreto –  $25\text{ kN/m}^3$  ( $2,5\text{ tf/m}^3$ ).

Alvenaria de blocos de concreto  $145\text{ kN/m}^3$  ( $1,45\text{ tf/m}^3$ ) utilizar no QDLF.

- Sobrecargas

As sobrecargas foram adotadas em observância das prescrições da ABNT NBR 6120/1980 e conforme o uso no caso.

- Ação do Vento

A ação do vento sobre a estrutura foi calculada de acordo com a ABNT NBR 6123/1988.





#### *2.4.7.5 Formas*

As formas deverão ser perfeitamente niveladas e apumadas antes do lançamento do concreto. É vedado a aplicação de óleo queimado ou materiais outros que venham alterar a coloração natural e características principais do concreto. A concretagem somente poderá ser iniciada após a verificação das armaduras e consequente autorização da Fiscalização.

#### *2.4.7.6 Averiguamento Genérico*

Antecipadamente a concretagem de quaisquer elementos em concreto, o contratado deverá submeter à Fiscalização da que observará as posições, dimensões, ligações e escoramentos das formas e armaduras correspondentes, obedecendo a perfeita locação de tubulações elétricas ou hidráulicas, embutidas no concreto e aberturas indispensáveis ao perfeito funcionamento do aterro sanitário.

#### *2.4.7.7 Cura do Concreto*

A cura se fará processar conforme os termos da normas técnica pertinentes da ABNT, de forma natural, devendo o Contratado comunicar antecipadamente, de maneira formal, o uso de aditivos. Deverão ser tomadas as precauções necessárias para protegera superfície de concreto durante o processo de cura.

#### *2.4.7.8 Juntas de Concretagem*

Nas posições onde forem inevitáveis como no caso da continuidade da concretagem de paredes, vigas e lajes, a superfície do concreto deve ser tratada eliminando a nata de cimento escovandose a superfície com escova de aço ou que seja efetuado o “picoteamento” do concreto quando endurecido, sem afrouxar as partículas maiores dos agregados. Antes da nova concretagem qualquer sujeira deve ser eliminada da superfície do concreto anterior. Neste item, é indispensável o controle tecnológico através de empresa especializada.

#### *2.4.7.9 Desforma*

A desforma dos elementos estruturais deve seguir as especificações definidas em norma. O concreto deverá apresentar resistência suficiente para poder manter o seu peso próprio mais cargas acidentais, sem deformações ou alterações de sua integridade.

#### *2.4.7.10 Ensaios dos Materiais*

Deverão ser colhidas amostras do concreto empregado nas diversas etapas de execução da estrutura para serem ensaiados e emitidos laudos técnicos de resistência conforme especificações de norma e solicitações do contratante.





#### *2.4.7.11 Recomendações*

- Conferir as medidas em planta e níveis antes da concretagem das peças estruturais;
- Tomar as medidas relativas à segurança do trabalho;
- Verificar os procedimentos normativos em relação a possível presença de matacões, lençol freático, desvios, excentricidades e desalinhamentos;
- Fazer o boletim de controle de qualidade dos trabalhos.

### **2.4.8 Projeto Elétrico e de Automação**

#### *2.4.8.1 Apresentação*

O presente memorial tem por finalidade descrever adequadamente o projeto das instalações elétricas e de automação da estação de tratamento de chorume do novo aterro sanitário da cidade de Toledo, e iluminação dos acessos.

O projeto elétrico segue as recomendações normativas da ABNT NBR, através de suas publicações ABNT NBR 5410/2004 e ABNT NBR 14039/2005, além das normas de fornecimento de energia da concessionária local e respeitando os requisitos da NR-10 que são do escopo do projeto.

O projeto foi concebido tendo como referência o projeto executivo civil/hidráulico/sanitário.

#### **2.4.8.1.1 Normas Gerais**

Todos os aparelhos, materiais, projetos e serviços devem estar em conformidade com a última revisão das normas técnicas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, vigentes no momento da execução do projeto e da obra. Na falta de normas desta organização devem ser atendidas, nas mesmas condições, os padrões das seguintes entidades:

- ANSI – American National Standards Institute
- IRAP – Institute of Electrical and Eletronic Engineers
- IEC – International Electrotechnical Commission
- ISO – International Standarization Organization
- NEMA – National Electrical Manufacturers Association
- U/L – Underwriter’s Laboratories
- ISA – The International Society of Automation
- SAMA – Scientific Apparatus Makers Association





#### **2.4.8.1.2 Normas Específicas**

As normas gerais são complementadas pelos seguintes Manuais, Normas, e Especificações Técnicas na sua última versão:

- Normas Técnicas da COPEL;
- NR – Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE);
- Especificações Técnicas e folha de dados constantes no projeto civil/hidráulico e manuais dos fabricantes dos equipamentos;
- Todos os equipamentos, materiais e serviços deverão estar conforme as últimas revisões das normas técnicas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Na falta de normas dessa organização deverão ser atendidos, nas mesmas condições, os padrões das seguintes entidades:

- ANSI – American National Standards Institute
- IEEE – Institute of Electrical and Eletronic Engineers
- IEC – International Electrotechnical Commission
- ISO – International Standarization Organization
- NEMA – National Electrical Manufacturers Association
- U/L – Underwriter’s Laboratories
- ISA – The International Society of Automation
- SAMA – Scientific Apparatus Makers Association

#### **2.4.8.1.3 Dados**

Atividade da Unidade Consumidora:

Estação de Tratamento de Chorume - ETE ATERRO SANITÁRIO

Endereço: Rodovia PR 317, Toledo - Ouro Verde do Oeste, Km 10 – CEP 85.900.110.

Data Provável da Ligação: 2018.

Atendimento Em Média Tensão – 13,8kV.

Categoria De Fornecimento: 75 kVA, Trifásica;

Demanda máxima: 55 kW.

#### **2.4.8.2 Sistema Proposto**

O presente projeto elétrico abrange a iluminação externa do aterro sanitário, bem como o acionamento das bombas das elevatórias, sopradores de ar, alimentação elétrica do sistema de biogás a ser implantado em etapa futura e S.P.D.A. da área.



#### **2.4.8.2.1 Entrada de Energia**

A Entrada de Energia a implantar será atendida em Média Tensão - M.T., tipo posto de transformação, com transformador em poste, 75kVA, 13,8/0,220/0,127kV trifásica.

A localização da entrada de energia está detalhada na Prancha 086. No local da nova entrada de energia não há rede de distribuição primária da COPEL, devendo ser previsto uma extensão de rede até o local. A Prancha 086 mostra uma sugestão de extensão de rede que deve ser confirmado com a Concessionária de energia por ocasião da aprovação do projeto elétrico junto à mesma, conforme procedimentos da própria COPEL. A entrada de energia será capaz de fazer a injeção de potência na rede da COPEL, quando a geração de energia elétrica a partir de biogás estiver em funcionamento, porém, deverá ser solicitado o procedimento de vistoria junto à Copel para esse fim.

O projeto de entrada de energia está de acordo com a norma NTC903100 de fornecimento de energia em tensão primária, da COPEL.

O ramal de entrada será composto por cabos de cobre, com isolamento para 0,6/1kV, sendo para cada fase cabos de bitola 95mm<sup>2</sup> e cabo bitola 95mm<sup>2</sup> para o neutro, protegidos por eletroduto de Aço Galvanizado, bitola 80mm (3").

A Medição será composta por três caixas, a primeira sendo uma caixa padrão COPEL tipo "FN" para montagem de T.C.'s, uma caixa "NS" para montagem do disjuntor geral da entrada e uma caixa tipo "EN" para montagem do medidor polifásico. As três caixas montadas embutidas em parede de alvenaria, em ambiente fechado, que faz parte da casa de quadros elétricos, próximo ao acesso principal da ETE.

A Proteção Geral será realizada através de Disjuntor Termomagnético Tripolar de 200A, 15kA, em 220V.

- Proteção: disjuntor termomagnético tripolar, 200 A, 15 kA, 220V;
- Caixa do disjuntor de proteção: tipo "NS", em alumínio 2 mm, padrão COPEL;
- Caixa de T.C.'s: tipo "FN", em alumínio 2 mm, padrão COPEL;
- Caixa de medição: tipo "EN", em alumínio 2 mm, padrão COPEL;
- Aterramento do neutro: cabo de cobre nu #50mm<sup>2</sup>, haste de aterramento 5/8" x 3000mm em aço cobreado;
- Aterramento das caixas: cabo de cobre nu #35mm<sup>2</sup>;
- Resistência de aterramento: máxima 10 OHMS em qualquer época do ano;
- Entrada de energia conforme NTC903100, categoria de atendimento nº 7. Carga instalada: 95 kW,
- Demanda máxima: 59 kVA,
- Ramal alimentador do QDLF01 será de 3#95(95) mm<sup>2</sup>, isolação em 0,6/1kV EPR/XLPE, sai da caixa "NS" e segue pela canaleta no isso até o grupo motor gerador, e dele até QDLF01 como demonstrado na Prancha 093.



Notas:

- I. O ramal aéreo em média tensão, cabo isolado, 15kV, sendo que o fornecimento dos cabos será pela COPEL. A ligação no poste da COPEL será efetuado pela própria Concessionária.
- II. A entrada de energia a implantar deve ser instalada conforme Prancha 087.
- III. Qualquer dúvida sobre equipamentos ver relação de materiais.
- IV. Cada eletroduto deverá conter circuitos completos com as três fases e neutro.
- V. Todos os materiais utilizados deverão obedecer rigorosamente às normas da COPEL e da ABNT.
- VI. Não serão permitidas emendas nos condutores no interior dos eletrodutos.
- VII. É vedada a utilização de curva inferior 90º.
- VIII. Nas extremidades dos eletrodutos, deverão ser usadas buchas de alumínio para proteção dos condutores.
- IX. Os eletrodutos deverão ser firmemente fixados ao quadro através de bucha e contra bucha, devendo a vedação ser executada por meio de massa de calafetar.
- X. Os cabos deverão ser identificados com fita colorida nas cores Amarelo (Fase A), Branca (Fase B) e Vermelha (fase C), desde a descida do poste até o QDLF01.

#### *2.4.8.3 Sistema Biogás*

Conforme projeto hidráulico, a geração de biogás deverá ocorrer em etapa futura, e portanto, quando os equipamentos de geração de energia forem adquiridos e instalados, deverá ser comunicado a concessionária de energia para aprovação e conexão à rede do sistema, conforme prevê a norma COPEL, NTC 905200.

Porém, como já está definida a localização da casa dos equipamentos, foi previsto eletrodutos enterrados para passagem dos cabos de potência e comando dos equipamentos de biogás. Deverão ser instalados dois eletrodutos tipo Kanalex, 4" e um de 1.1/2", com caixas de concreto de 500x500x500mm, no solo, em média a cada 15 metros, conforme detalhado nos desenhos.

#### *2.4.8.4 Painel QDLF01*

O painel QDLF01 recebe a alimentação da entrada de energia, via cabos instalados em eletroduto no solo, conforme a Prancha 093. A bitola dos cabos de alimentação do QDLF01 é de 95mm<sup>2</sup>. O neutro tem bitola de 95mm<sup>2</sup>.

O QDLF01 tem a função de acionar toda a carga da ETE, como os sopradores de ar e as bombas das estações elevatórias e prover alimentação elétrica para o sistema de biogás que será instalado em etapa futura.

O detalhamento do quadro QDLF01 deve ser verificado nos desenhos e especificação do mesmo.





#### *2.4.8.5 Grupo Gerador Diesel*

Para a ETE foi especificado 01 grupo motor-gerador de 75kVA, com a função de suprir a alimentação da ETE tanto em caso de emergência quanto em horário de ponta.

O grupo motor-gerador especificado é do fabricante STEMAC, modelo 1104A-44TG1, carenado, de modo a ser instalado sobre base de concreto conforme indicado no projeto estrutural.

As características do grupo motor-gerador estão apresentadas no **Anexo M** – Catálogo Gerador Diesel, Tomo II.

O grupo motor-gerador deverá ser do tipo carenado, para instalação sobre base, ao tempo e não necessita de sistema de paralelismo com a rede da Concessionária.

O grupo motor-gerador especificado possui bandeja de contenção de líquidos para armazenamento de óleos ou combustível em caso de vazamento.

Caso seja adotado outra marca, modelo ou fabricante, as recomendações acima devem ser mantidas para o novo modelo adotado.

Recomenda-se a instalação do GMG no início da operação da ETE, uma vez que o mesmo destina-se a alimentação elétrica das cargas da ETE em caso de falta da concessionária. Também poderá ser avaliado a sua instalação em função dos dados de tempo de interrupção de alimentação elétrica por parte da COPEL. Essa decisão ficará a cargo do gestor da obra/aterro, sendo que existe a opção tanto de aquisição do GMG como a locação para situações emergenciais.

#### *2.4.8.6 Sala de Quadros QDLF01*

Próximo à entrada da ETE, foi prevista uma sala para abrigar o QDLF01 e QA01. O projeto da sala de quadros está na Prancha 094.

#### *2.4.8.7 Cálculo de Demanda*

Para o cálculo de demanda foram utilizadas as especificações dos equipamentos, feitas no projeto civil/hidráulico.

A lista de todos os equipamentos está presente no anexo deste memorial, denominado Quadro de Cargas, e totaliza 95 kW de carga instalada.

Como nem todas as cargas estarão operando ao mesmo tempo, tendo sempre um equipamento reserva, a carga demandada em primeira etapa totalizou 55kW.

Tendo essa demanda como parâmetro de dimensionamento, e de acordo com as normas aplicáveis, chegou-se ao dimensionamento da entrada de energia conforme o item 2.4.8.2.1.

#### *2.4.8.8 Sistema de Aterramento e S.P.D.A.*

O sistema de aterramento projetado para a ETE é composto de hastes cobreadas e condutores de cobre nu na bitola de 50 mm<sup>2</sup>, e interliga o aterramento da entrada de energia com a barra de terra dos painéis elétrico. Os condutores de aterramento deverão ser instalados a uma





profundidade média de 600 mm, diretamente instalados no solo, onde as conexões entre cabo e haste deverão ser feitas por solda exotérmica, conforme os detalhes indicados na Prancha 090. Todos os quadros e partes metálicas não energizadas deverão ser conectados à malha de terra. Também foi previsto um B.E.P. (barramento de equipotencialização principal) a ser instalado na sala do QDLF01. O detalhe do B.E.P. está na prancha 06 e consiste em um quadro de 50 x 50 x 12 cm, com barramento de interligação de todos os condutores de aterramento. Nele devem ser interligados os condutores de aterramento da entrada de energia, o aterramento do SPDA e biogás, aterramento dos quadros elétricos e quaisquer outros cabos de aterramento de estruturas metálicas, conforme prevê a ABNT NBR5410/2004 e ABNT NBR5419/2015, além da NR-10 e normas da Concessionária, como a NTC903100.

A resistência de aterramento não deverá ultrapassar a 10 ohms em qualquer época do ano, independentemente da quantidade de hastes necessárias para atingir o valor mínimo exigido por norma.

Ao final da implantação deverá ser realizado e entregue um relatório com medições de aterramento, comprovando a resistência menor que 10 ohms em qualquer época do ano.

#### *2.4.8.9 S.P.D.A.*

O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas foi elaborado tendo como base a ABNT NBR 5419/2015.

##### **2.4.8.9.1 Malhas de Captação**

A Prancha 090 mostra a implantação do S.P.D.A., que contará com um captor tipo Franklin montado sobre o poste da antena de comunicação localizado ao lado do gasômetro da ETE. O abrigo de quadros elétricos e casa dos equipamentos de biogás possuem proteção via gaiola de Faraday, com malha de captação, por cabos de aço cobreado, 50mm<sup>2</sup>, encordoado, diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm. A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (International Annealed Copper Standard), conforme ABNT NBR5419/2015.

##### **2.4.8.9.2 Malhas de Descida**

As malhas de descida dessas construções interligam a malha de captação ao eletrodo de aterramento, que circunda cada edificação. Os condutores de descida possuem a mesma especificação dos condutores da malha de captação, sendo compostos por cabos de aço cobreado, 50mm<sup>2</sup>, encordoado, diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm. A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (International Annealed Copper Standard), conforme ABNT NBR5419/2015 e conforme indicado nos desenhos.

Por serem aparentes e nus, devem estar protegidos por eletrodutos de PVC desde o solo até 2 metros acima do solo, conforme detalhe da Prancha 091. Não são permitidas emendas em cabos de descida, exceto o conector para ensaios, o qual é obrigatório, a ser instalado próximo do solo (a altura sugerida é 1,5 m a partir do piso) de modo a proporcionar fácil acesso para realização de ensaios.

A distância entre as fixações dos condutores de captação e descida deve ser:

- a) Até 1,0 m para os condutores na horizontal(captação);



- b) Até 1,5 m para os condutores na vertical ou inclinado(descidas);

#### **2.4.8.9.3 Eletrodo de Aterramento**

Deve ser implantado conforme o desenho da Prancha 090 também com condutor de aço cobreado, 70mm<sup>2</sup>, encordoado, diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm, a uma distância de 01 metro da edificação, e enterrado a uma profundidade mínima de 0,5 metros. A interligação entre as malhas de descida e os eletrodos de aterramento deverá ser feita por solda exotérmica, conforme detalhes nas Prancha 090 e 091. As hastes de aterramento devem ser de alta camada, comprimento 3 metros.

O eletrodo de aterramento do S.P.D.A. deverá ser interligado ao BEP, localizado no abrigo do QDLF01 e QA01.

#### **2.4.8.10 Correção do Fator de Potência**

No projeto da ETE, todos os sopradores de ar e as bombas das estações elevatórias preveem acionamento por inversor de frequência, por requisitos do processo, e, portanto, não precisam de correção de fator de potência. Os desenhos que detalham o quadro elétrico QDLF01 mostra a instalação dos inversores de frequência, tanto os circuitos de potência quanto de controle.

#### **2.4.8.11 Iluminação e Tomadas**

##### **2.4.8.11.1 Iluminação Externa**

Serão instalados vários postes para iluminação externa da área da ETE e do aterro sanitário, conforme Prancha 088. A iluminação terá comando manual/automático/desligado, através de chave com três posições, instalada na porta do módulo 01 do QDLF01, de forma que na posição automático o comando fica através de relé fotoelétrico montado externamente ao abrigo do QDLF01, na posição manual todos os circuitos são acionados independentemente do relé. Na posição desligado, todos os circuitos serão desligados.

Os projetores considerados no projeto são de 70W (Figura 47), fabricação em liga de alumínio fundido, tampa de vidro temperado com borracha de vedação garantindo a proteção conta jatos de água e poeira (IP65), fabricante JNG ou similar.



**Figura 47 – Luminária LED para área externa - ETE Aterro Sanitário**

Fonte: JNG.



As luminárias são instalados em poste de concreto, secção duplo “TÊ” de altura 7,2 metros, 200 da N, conforme NTC 917100 e conforme indicados na Prancha 088 e detalhe na Prancha 089.

#### *2.4.8.12 Comando de Bombas*

O comando de partida e parada dos motores das bombas da ETE será através do painel QDLF01, com comando na porta do painel.

O Quadro de automação (QA01) possui uma IHM (interface homem-máquina) para monitoramento de variáveis do processo tais como nível das elevatórias.

Para um melhor entendimento técnico do comando das bombas e sopradores deve ser consultado o projeto do QDLF01 e QA01.

#### *2.4.8.13 Instrumentação*

##### **2.4.8.13.1 Medidor de Nível Piezoresistivo LT01, LT02, LT03 e LT04**

- Equipamento: Sensor de Nível Hidrostático, fab. Wika, modelo LH-10;
- Função: Detecção de nível nas quatro elevatórias de esgoto projetadas, e controle do inversores das bombas das respectivas EEE's;

Deverá ser instalado um sensor de nível hidrostático no tanque de cada EEE: EEE Chorume 01, EEE Chorume 02, EEE Percolado, EEE Recirculação de Efluente.

Para controle de cada EEE, será feito a detecção do nível dinâmico. O nível será detectado pelo sensor LT01, LT02, LT03 e LT04, respectivamente para cada elevatória. Será interligado ao CLP do painel QA01. Cada LT então será responsável por controlar o Inversor de Frequência da EEE, enviando o sinal de nível ao CLP e a programação do CLP na obra de automação deverá proporcionar sinal via rede a cada inversor de frequência das bombas, dependendo do nível presente no poço de sucção. O cabo de interligação entre o LT01 e o painel será um cabo com blindagem eletroestática de 3vias de 1,5mm<sup>2</sup>, sendo instalado em eletroduto P.E.A.D. tipo Kanalex, bitola 1.1/2”.

O sensor de nível deve ser instalado no poço de sucção conforme detalhado na Prancha 095 em tubo PVC perfurado, dentro do poço de sucção da elevatória. A conexão elétrica deve ser feita na caixa de conexão sobre a elevatória.

O fornecimento e instalação dos sensores de nível LT01, LT02, LT03 e LT04 e a execução da instalação no interior dos tanques, conforme projeto, são de responsabilidade da obra elétrica e de automação, devendo ser executado por técnicos habilitados e com conhecimentos de instalações elétricas e automação.

##### **2.4.8.13.2 Medidor de Oxigênio Dissolvido, AT01 e AT02**

- Equipamento: Sensor de Oxigênio Dissolvido, fab Digimed, modelo P-06;
- Função: Detecção de Oxigênio dissolvido nos tanques de areção projetados, e controle do inversores dos sopradores de ar;





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

Deverá ser instalado um sensor de O<sub>2</sub> em cada tanque de aeração, para controle da velocidade dos sopradores de ar. Alternativamente, caso opte-se pela não instalação dos sensores de O<sub>2</sub> para monitoramento online, poderá ser feita a leitura de O<sub>2</sub> em laboratório e ajuste da velocidade do inversor de frequência do soprador manualmente, na porta do painel elétrico do QDLF01.

## 2.4.8.14 Quadro de Cargas

Apresenta-se a seguir o Quadro de Cargas QDLF01 (Quadro 1).

Quadro 1 – Quadro de Cargas QDLF01.

QUADRO DE CARGAS: QDLF01 (220/127V)				CIDADE: TOLEDO - PR EST. TRATAMENTO CHORUME			
CIRC.	DISCRIMINAÇÃO	CARGA (W)	FASES			DISJUNTOR FUSÍVEL (A)	
			R	S	T		
1	E.E.E.CHORUME 01 - B1	1,3kW n=74%	1.756	585	585	585	
2	E.E.E.CHORUME 01 - B2	1,3kW n=74%	1.756	585	585	585	
3	E.E.E.CHORUME 02 - B1	1,3kW n=74%	1.756	585	585	585	
4	E.E.E.CHORUME 02 - B2	1,3kW n=74%	1.756	585	585	585	
5	E.E.E.RECIRC.EFLUENTE TRATADO - B1		1.756	585	585	585	
6	E.E.E.RECIRC.EFLUENTE TRATADO - B2		1.756	585	585	585	
7	E.E.E. PERCOLADO LEITOS SEC.- B1		1.756	585	585	585	
8	E.E.E. PERCOLADO LEITOS SEC. - B2		1.756	585	585	585	
9	E.E. RECIRCULAÇÃO DE LODO		736	245	245	245	
10	SOPRADOR TQ.AERAÇÃO	40cv n=90%	32.711	10.904	10.904	10.904	
11	SOPRADOR TQ.AERAÇÃO	E n=90%	32.711	10.904	10.904	10.904	
12	ILUMINAÇÃO EXTERNA 01		1.344	672	672		
13	ILUMINAÇÃO EXTERNA 02		1.344		672	672	
14	ILUMINAÇÃO EXTERNA 03		1.344	672		672	
15	ILUMINAÇÃO EXTERNA 04		1.344		672	672	
16	SISTEMA BIOGÁS(FUTURO)		10.000				
<b>CARGA INSTALADA TOTAL ( W )</b>			95.582	28.079	28.751	28.751	
<b>CARGA UTILIZADA ( W )</b>			55.847	27.494	28.166	28.166	
<b>DEMANDA DECLARADA ( W )</b>							
	<b>fd=</b>	1	55.847	27.494	28.166	28.166	
<b>DEMANDA MÁXIMA ( VA )</b>							
	<b>fp=</b>	0,95	58.786	28.941	29.648	29.648	
<b>CORRENTE ( A )</b>			154,28	227,88	233,45	233,45	
<b>FATOR DE POTÊNCIA MÉDIO:</b>			0,95				
<b>ALIMENTADOR:</b>			3#10(10)mm <sup>2</sup> - 0,6/1,0kV EPR/XLPE				

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

## 2.4.8.15 Lista de Materiais

A seguir, apresenta-se na Tabela 72 e Tabela 73, a lista de materiais dos quadros QA01 e QDLF01, respectivamente. As Pranchas 097 à 106, apresentam as complementações necessárias



## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

Tabela 72 – Lista de Materiais QA01.

PROJETO:		LISTA DE MATERIAIS	EMISSÃO: FEVEREIRO/2018 REVISÃO 1: REVISÃO 2: AS BUILT:	
		UNIDADE: ETE ATERRAMENTO SANITARIO		
		QUADRO: QA01		
		ARQUIVO Nº:		
ITEM	SÍMBOLO	ESPECIFICAÇÃO	REF. OU SIMILAR	QT
		<b>MATERIAIS PROJETO ELÉTRICO E03.06QA01</b>		
1	5Q3,5Q4,	Disjuntor Monopolar, Easy9, Curva C, 5kA, 400V, In = 4A, ref. EZ9F33104	SCHNEIDER ELECTRIC	2
2	5Q1	Disjuntor Monopolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220V, In = 10A, ref. EZ9F33110	SCHNEIDER ELECTRIC	1
3	5Q2	Disjuntor Monopolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220V, In = 6A, ref. EZ9F332106	SCHNEIDER ELECTRIC	1
4	UPS01	Fonte de alimentação, entrada 100.....240Vca, saída 24Vcc, 5A, tipo Trio-UPS/1AC/24DC/5 + Bateria 24Vdc, 7,2Ah, tipo Quint-Bat / 24DC/7,2Ah	PHOENIX CONTACT	1
5	STM1	Tomada de embutir em termofixo, 2P+T, 20A, cod. 54333	PIAL	1
6	PS1	Protetor de sobretensões, tipo PT2-PE/S-230AC-ST + PT-BE/FM	PHOENIX CONTACT	1
7	PS2, PS3,PS4,PS5	Protetor de sobretensões, tipo PT-PE/S + 1X2-24-ST, c/ base PT PE/S +1X2-BE	PHOENIX CONTACT	4
8	TP1	Transformador de comando monofásico a seco, duplo enrolamento, PRIM=220V, SEC=220V, 500VA, classe de isolamento 0,6kV, Classe de temperatura 130°C, IP 00, tipo 4AM, ref. 4AM48 95-0AS10-0C	SIEMENS	1
9	CP01	Controlador Lógico Programável Simatic Série S7-1200, CPU 1214C, alimentação 24 Vcc, 24 I/O Digital, 2 AI, com comunicação Ethernet, ref. 6ES7214-1AG40-0XB0, fornecer com cabos e acessórios necessários para instalação e programação	SIEMENS	1
10	ED02,ED03,ED04,ED05,ED06,E D07	Módulo SM 1221, de Expansão para controlador S7-1200, de Entradas Digitais, com 8 DI, ref. 6ES7221-1BF32-0XB0	SIEMENS	6
11	EA02	Módulo SM 1231, de Expansão para controlador S7-1200, de Entradas Analógicas, com 04 AI, 13 Bits, ref. 6ES7231-4HD32-0XB0	SIEMENS	1
12	SD02, SD03	Módulo SM 1222, de Expansão para controlador S7-1200, de Saídas Digitais, com 8 DO, ref.6ES7 222-1BF30-0XB0	SIEMENS	2
13	LT01, LT02, LT03, LT04	Indicador Universal de Processo, entrada 4-20mA, com retransmissão, saída 2 relés, alim. 24 Vcc/ca, ref. 8150000104, N1500	NOVUS	4
14	IHM01	Interface Homem-máquina, comunicação via rede Profinet, modelo KTP700,	SIEMENS	1
15	XF	Régua de bornes: composta de bornes fúsviveis unipolares em liga de cobre, trilho	PHOENIX CONTACT	1





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

ITEM	SÍMBOLO	ESPECIFICAÇÃO	REF. OU SIMILAR	QT
		em alumínio e demais acessórios para atender as conexões e quantidades especificadas no projeto.		
16		Fusível ação rápida tipo G 0,5A	FUSIBRÁS	30
17	KQ	Régua de bornes relé: composta de bornes unipolares em liga de cobre, trilho em alumínio e demais acessórios para atender as conexões e quantidades especificadas no projeto.	PHOENIX CONTACT	1
18	XI2	Régua de bornes: composta de bornes unipolares em liga de cobre, trilho em alumínio e demais acessórios para atender as conexões e quantidades especificadas no projeto.	PHOENIX CONTACT	1
19	5IL.1	Lâmpada fluorescente, 20W, 220V, tipo PL, com soquete de porcelana	OSRAM	1
20	5SFC1	Chave fim de curso em termoplástico, 6A, IP 65, 500V, tipo LS31P31B11	ABB	1
21	5VENT1	Micro ventilador, monofásico, 15W, 230V, 60Hz, vazão l/s, tipo E-11	VENTISILVA	1
22	PE, TE	Barra de cobre chato, 3Ø - 220/127 - 3/4"x1/8"- 205A - 10kA		1,2 m
23	QA01	Caixa metálica materiais, confecção e pintura	ELCOSUL	1gb
24		Mão de obra de montagem do painel		1gb

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Tabela 73 – Lista de Materiais QDLF01.

PROJETO: NOVO ATERRO SANITÁRIO DE TOLEDO		LISTA DE MATERIAIS UNIDADE: ETE ATERRAMENTO SANITARIO	EMISSÃO: REVISÃO 1: REVISÃO 2: AS BUILT:	
ITEM	SÍMBOLO	ESPECIFICAÇÃO	REF. OU SIMILAR	QT
		QUADRO: QDLF01		
		ARQUIVO Nº:		
<b>MATERIAIS PROJÉTO ELÉTRICO QDLF01</b>				
1	1QG1	Disjuntor tripolar, em caixa pré-moldada, tensão de operação 220 Vca, 200A, ref. EZC100N3080	SCHNEIDER ELECTRIC	1
2	1Q1	Disjuntor Tripolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 80A, ref. EZ9F33180	SCHNEIDER ELECTRIC	1
3	PRS1	Protetor de sobretensões, tipo VAL MS-120-ST, com base VAL-MS-BE, linha VALVE TRAB	PHOENIX CONTACT	3
4	PRS2	Protetor de sobretensões, tipo 1, FLT 35/3 CTRL-0.9 - 2800129, trifásico.	PHOENIX CONTACT	1
5	1Q2	Disjuntor Monopolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 4A, ref. EZ9F33104	SCHNEIDER ELECTRIC	6





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

ITEM	SÍMBOLO	ESPECIFICAÇÃO	REF. OU SIMILAR	QT
6	1Q8,	Disjuntor Monopolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 10A, ref. EZ9F33110	SCHNEIDER ELECTRIC	1
7	1Q3,	Disjuntor Monopolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 20A, ref. EZ9F33120	SCHNEIDER ELECTRIC	1
8		Disjuntor Bipolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 4A, ref. EZ9F33204	SCHNEIDER ELECTRIC	1
9		Disjuntor Bipolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 6A, ref. EZ9F33206	SCHNEIDER ELECTRIC	1
10	1Q10,1Q11,1Q12, 1Q13, 1Q14, 1Q17, 2Q1, 2Q4,2Q7,3Q1, 4Q1	Disjuntor Bipolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 10A, ref. EZ9F33210	SCHNEIDER ELECTRIC	6
11	1Q4,1Q6,1Q7,	Disjuntor Bipolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 20A, ref. EZ9F33220	SCHNEIDER ELECTRIC	2
12	1Q9,	Disjuntor Tripolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 4A, ref. EZ9F33304	SCHNEIDER ELECTRIC	2
13	1Q5,	Disjuntor Tripolar, Easy9, Curva C, 5kA, 220/127V, In = 20A, ref. EZ9F33320	SCHNEIDER ELECTRIC	2
14	3Q2, 4Q2	Disjuntor-motor com proteção termomagnética e curto-circuito, 90 a150A, ref GV7RE150,	SCHNEIDER ELECTRIC	2
15	1Q15, 1Q16, 1Q18,1Q19,2Q2,2Q3,2Q5,2Q6	Disjuntor-motor com proteção termomagnética e curto-circuito, 4 a 6,3A, ref GV2ME10,	SCHNEIDER ELECTRIC	8
16	1SFC1,2SFC1,3SFC1,4SFC1	Chave fim de curso em termoplástico, 6A, IP 65, 500V, tipo LS31P31B11	ABB	4
17	1VENT1, 2VENT1, 3 VENT1, 4VENT1	Micro ventilador, monofásico, 15W, 230V, 60Hz, vazão l/s, tipo E-11	VENTISILVA	4
18	1IL1,2IL1,3IL1,4IL1	Lâmpada fluorescente, 20W, 220V, tipo PL, com soquete de porcelana	OSRAM	4
19	1XTM1, 1XTM2	Tomada de embutir em termofixo, 2P+T, 20A, cod. 54333	PIAL	2
20	1XTM3	Tomada de embutir em termofixo, 3P+T, cod. 56403	PIAL	1
21	1K1, 1K2	Contator de potência, trifásico, TeSys K, corrente nominal 16A, 220V, 60Hz, ref. LC1 K1610M7, com contato auxiliar 1 NA	SCHNEIDER ELECTRIC	2
22	1KFF1	Relé falta de fase, sem neutro, caixa TL, 1R, 5A, tipo FFA, na tensão de 220Vca, 60Hz,	SYNCRHONUS	1
23	SC01, SC02,SC03,SC04,SC07,SC08	Inversor de frequência com carga quadrática, trifásico 220V, acionamento até 3kW, In = 7,2A, proteção IP20, para uso em saneamento, linha VLT AQUA DRIVE, ref. FC202-P3K0T4	DANFOSS	6
24	SC05, SC06,	Inversor de frequência com carga quadrática, trifásico 220V, acionamento até 3,7kW, In = 16,7A,	DANFOSS	2





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

ITEM	SÍMBOLO	ESPECIFICAÇÃO	REF. OU SIMILAR	QT
		proteção IP20, para uso em saneamento, linha VLT AQUA DRIVE, ref. FC202-P3K7T5		
25	SC09, SC10	Inversor de frequência com carga quadrática, trifásico 220V, acionamento até 30kW, In = 115A, proteção IP20, para uso em saneamento, linha VLT AQUA DRIVE, carcaça C4, ref. FC202-P37KT4	DANFOSS	2
26	PS3, PS4	Protetor de sobretensões, tipo PT-PE/S + 1X2-24-ST, c/ base PT PE/S +1X2-BE	PHOENIX CONTACT	2
27	1KT1, 1KT2, 1KT3, 2KT1, 2KT2	Temporizador Eletrônico Zélio Time, temporizado ao trabalho, regulagem 1s-100h, saída a relé 1NAF, ref. RE17RAMU	SCHNEIDER ELECTRIC	5
28	1KAL, 1KA2, 1KA3, 1KA4, 1KA5, 1KA6, 1KA7, 1KA8, 1KA9, 1KA10, 1KA11, 1KA12, 1KA13, 1KA14, 1KA15, 1KA16, 1KA17, 2KA2, 2KA3, 2KA4, 2KA5, 2KA6, 2KA7, 2KA8, 2KA9, 2KA10, 2KA11, 2KA12, 2KA13, 2KA14, 2KA15, 2KA16, 2KA17, 3KA1, 3KA2, 3KA3, 3KA4, 4KA1, 4KA2, 4KA3, 4KA4	Contator Auxiliar com bobina em corrente alternada, 220Vca, TeSys modelo K, com contatos 2NA+2NF, ref. CA2 KN22 M7	SCHNEIDER ELECTRIC	17
29	1KA1	Contator Auxiliar com bobina em corrente alternada, 220Vca, TeSys modelo K, com contatos 4NA, ref. CA2 KN40 M7	SCHNEIDER ELECTRIC	1
30		Bloco de contatos auxiliares instantâneos aditivos, para utilização com contadores 1KA1, com 4NA, ref. LADN40	SCHNEIDER ELECTRIC	2
31	1SAMV1	Comutador seletor rotativo, série K, 1 pólo, 4 posições a 45º, 12 A, ref. K1D004NLH	SCHNEIDER ELECTRIC	1
32	1KN1, 1KN2, 1KN3, 1KN4, 1KN5	Relê de nível (mínimo), 220 V, 60 Hz, 5 A, 1 R, tensão nos eletrodos em VCA, caixa TL, tipo REP/01, ref. RNS	SYNCRHONUS	5
33	1H2, 1H4, 1H6, 1H8, 2H2, 2H4, 2H6, 2H8, 3H2, 4H2	Sinalizador monobloco de plástico, 22mm, alimentação em 220V, cor Amarela,	SCHMERSAL	5
34	1H1, 1H3, 1H5, 1H7, 2H1, 2H3, 2H5, 2H7, 3H1, 4H1	Sinalizador monobloco de plástico, 22mm, alimentação em 220V, cor Vermelha.	SCHMERSAL	2
35	1SEM1, 1SEM2, 2SEM1, 2SEM2, 2SEM3, 3SEM1, 4SEM1	Botão de emergência à impulsão, 22mm, contato 2NA, vermelho, com trava,	SCHMERSAL	7
36	1SMA1, 1SMA2, 1SAM3, 1SAM4, 2SAM1, 2SAM2, 2SAM3, 2SAM4, 3SAM1, 4SAM1	Comutador de plástico com manopla curta, 22mm, com 3 posições fixas, contatos NA+NA,	SCHMERSAL	11





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

ITEM	SÍMBOLO	ESPECIFICAÇÃO	REF. OU SIMILAR	QT
37		Bloco de contatos para utilização com 1SMA1 e demais, conexão por parafuso, 1 NA,	SCHMERSAL	11
38	1SR1,1SR2,1SR3,1SR4,2SR1,2SR2,2SR3,2SR4,3SR1,4SR1	Botão de comando à impulsão, 22mm, contato 1NA, amarelo,	SCHMERSAL	10
39	R, S, T, PE, N	Barra de cobre chato, 3Ø - 220/127 - 3/4"x1/8" - 205A - 10kA		12,5 m
40	1XFS, XF, 1XCS, 1XCS1, 1XCS2, KQ1-8	Régua de bornes: composta de bornes unipolares em liga de cobre, trilho em alumínio e demais acessórios para atender as conexões e quantidades especificadas no projeto.	PHOENIX CONTACT	6
41		Fusível ação rápida tipo G 0,5A	FUSIBRÁS	5
42		Porta documentos, código 91160	TASCO	1
43	QDLF01	Caixa metálica materiais, confecção e pintura	ELCOSUL	1gb
		Mão de obra de montagem do painel		1gb

Fonte: Habitat Ecológico (2017).

Na Tabela 74 à Tabela 84, **apresentam-se as listas de materiais para execução do Projeto Elétrico. Os preços encontram-se detalhados conforme necessidade de execução no Anexo Q.**

Tabela 74 – Lista de Materiais da Entrada de Energia

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Arruela quadrada em aço galvanizado a fogo, fab. ROMAGNOLE ou similar, medidas 38x3x18mm	pç	30,00
Para-raios de distribuição, classe 15kV, 10kA, corpo isolante em material polimérico, sistema de neutro isolado, com ferragens para fixação em cruzeta de concreto, de fabricantes cadastrados na COPEL	pç	3,00
Isolador de ancoragem, tipo bastão, em corpo isolante polimérico, padrão COPEL Classe 15kV, NTC 811563, ref. BALESTRO ou similar	pç	3,00
Suporte (cinta) para transformador em poste de concreto duplo "T", em aço galvanizado à fogo, fab. ROMAGNOLE ou similar, na medida 195x100mm	pç	2,00
Cruzeta em concreto retangular, nas dimensões 90x90x2,00M, 250 DAN, fab. ROMAGNOLE ou similar	pç	1,00
Conector tipo cunha para cabo #2AWG, conforme NTC 813121-1, ref. ENCESA ou similar – AL (NTC 813120-1)	pç	3,00
Parafuso cabeça quadrada, tipo máquina, em aço galvanizado a fogo, com porca quadrada em AG, fab. ROMAGNOLE ou similar, bitola 16x125mm (NTC 811804-3)	pç	4,00
Parafuso francês, em aço galvanizado a fogo, com porca quadrada em AG, fab. ROMAGNOLE ou similar, bitola 16x45mm (NTC 811880-9)	pç	4,00
Poste de concreto armado, seção duplo "T", com descida de cabo terra, DAN 300, fab. ROMAGNOLE ou similar, medida 10,5m (NTC 810143-4)	pç	1,00
Transformador de força trifásico a óleo, instalação em poste de concreto, 75 kVA, 13,8kV/220/127V, 60Hz, lig. primário triângulo e secundário estrela com neutro acessível, i=3,5%, fab. ROMAGNOLE ou similar, conforme especificação (NTC 910020)	pç	1,00
Porca olhal em aço galvanizado a quente, para parafuso de Ø18mm (NTC 812020-0)	pç	3,00
Gancho de suspensão, de aço galvanizado a fogo, diâmetro do furo 18mm, NTC 812023, fab. ROMAGNOLE ou similar	pç	3,00





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Sapatilha de aço galvanizado a fogo, bitola 3/16", ref. PRT-657, fab. PARATEC ou similar (NTC 812025/300835-5)	pç	3,00
Mão francesa plana em aço galvanizado à fogo, fab. ROMAGNOLE ou similar, medida 1/4"x32x619mm (MTC 811520-6)	pç	2,00
Parafuso cabeça quadrada, tipo máquina, em aço galvanizado a fogo, com porca quadrada em AG, fab. ROMAGNOLE ou similar, bitola 16x250mm (NTC 811809-4)	pç	1,00
Parafuso rosca dupla, com 4 porcas em aço galvanizado a fogo, Fab. ROMAGNOLE ou similar, dimensão M-16X350mm (NTC 811858-2)	pç	1,00
Parafuso rosca dupla, com 4 porcas em aço galvanizado a fogo, Fab. ROMAGNOLE ou similar, dimensão M-16X200mm (NTC 811855-8)	pç	3,00
Cabo de cobre coberto com XLPE, 16 mm <sup>2</sup> /15kV, ref. PIRELLI ou similar	m	6,00
Protetor de bucha p/ os terminais primários e secundários do transformador, conforme NTC 855115 fabricante cadastrado na COPEL 15kV (NTC 813545)	pç	6,00
Bucha e arruela em alumínio silício, ref. BUA. fab. WETZEL ou similar, bitola 3"	pç	8,00
Bucha e arruela em alumínio silício, ref. BUA. fab. WETZEL ou similar, bitola 1"	pç	4,00
Cabeçote em alumínio, para uso em entradas de energia, fab. SÃO LUCAS ou similar, bitola 3"	pç	1,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 2, 750V, PVC 70°C, BWF antinflam, tipo Superastic, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 95mm <sup>2</sup>	m	160,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 2, 750V, PVC 70°C, BWF antinflam, tipo Superastic, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar Seção 25mm <sup>2</sup>	m	20,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 2, 750V, PVC 70°C, BWF antinflam, tipo Superastic, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar Seção 35mm <sup>2</sup>	m	20,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 4x2,5mm <sup>2</sup>	m	5,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensões 300x300x300	ud	1,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto com tampa de embutir, dimensões 500 x 500 x 500mm (286803)	ud	1,00
Caixa para transformadores de corrente, padrão COPEL, em chapa de alumínio 1,5 mm, pintura cinza N 6.5, para uso ao tempo, tipo "FN", dimensões 750 x 570 x 260 mm, fab. BRUZAMOLIN ou similar	pç	1,00
Caixa para equipamentos de medição, padrão COPEL, em chapa de alumínio 1,5 mm, pintura cinza N 6.5, para uso ao tempo, tipo "EN", dimensões 490 x 570 x 260 mm, fab. BRUZAMOLIN ou similar	pç	1,00
Caixa para Proteção do disjuntor, padrão COPEL, em chapa de alumínio 1,5 mm, pintura cinza N 6.5, para uso ao tempo, tipo "NS", dimensões 1400 x 700 mm, fab. BRUZAMOLIN ou similar	pç	1,00
Conector derivação tipo cunha, para condutor de cobre bitola 70mm <sup>2</sup> e condutor de alumínio 16mm <sup>2</sup> , NTC 813213, fab. BURNDY ou similar	pç	4,00
Terminal à compressão, em liga de cobre, com 1 furo, para 1 cabo à barra, fab. MAGNET ou similar para cabo bitola 95mm <sup>2</sup> YAL95-12-T32 #95mm <sup>2</sup>	pç	20,00
Terminal à compressão, em liga de cobre, com 1 furo, para 1 cabo à barra, fab. MAGNET ou similar para cabo bitola 25mm <sup>2</sup> YAL25-06-T32 #25mm <sup>2</sup>	pç	1,00
Curva de PVC, roscável, anti-chama, 90º, fab. TIGRE ou similar, bitola 32mm (1")	pç	3,00
Eletroduto de PVC rígido, roscável, anti-chama, NBR-6150, em barras de 3m, fab. TIGRE ou similar, bitola 32mm (1")	br	2,00
Luva de PVC, roscável, anti-chama, NBR-6150 fab. TIGRE ou similar, bitola 32mm (1")	pç	6,00
Eletroduto de aço galvanizado à fogo, pesado, barras de 3m, NBR-5598, fab. CARBINOX ou similar, bitola 80mm (3")	pç	2,00
Disjuntor termomagnético, tripolar, em caixa moldada, tipo TQD, fab. GE ou similar, IN=175A - 10KA - 220VCA (46302)	pç	1,00





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Fecho para fita de aço inoxidável, 1/2", fab. FUSIMEC ou similar	pç	5,00
Alça pré-formada de serviço, em aço carbono, para cabo de alumínio CA ou CAA, ref. SG, fab. PLP ou similar, bitola 2AWG	rl	3,00
Cabo de alumínio sem alma de aço, fab. ALCOA ou similar, bitola 02 AWG - CA	m	100,00
Fita de borracha de alta tensão 23BR, autofusão, largura 19mm, rolo 10m, fab. SCOTCH(3M) ou similar	pç	1,00
Haste de aterramento, núcleo de aço revestido por cobre eletrolítico, diâmetro 5/8", comprimento 3,00m, fab. INTELLI ou similar (47228)	pç	1,00
Luva de aço galvanizado à fogo, pesado, NBR-5598, fab. CARBINOX ou similar, bitola 80mm (3")	pç	1,00
Massa de calafetar, fab. 3M ou similar	pç	1,00
Seccionador (isolador) pre-formado para cerca de arame farpado, resistência mecânica 450 daN, com duas alças pré-formadas, ref. SCM-0100, fab. PLP ou similar	pç	24,00
Suporte para leitora, padrão COPEL, em chapa de alumínio 3mm, pintura n. 6.5, para uso ao tempo, fab. BRUZAMOLIN ou similar	pç	1,00
Placa de advertência em chapa de alumínio 18x25cm, padrão Copel com a inscrição "PERIGO DE MORTE - ALTA TENSÃO", ref. C2175, fab. SETOM ou similar	pç	1,00
Placa de advertência em chapa de alumínio 80x25mm, com a inscrição "LIGADO", fab. SETOM ou similar	pç	1,00
Placa de advertência em chapa de alumínio 80x25mm, com a inscrição "DESLIGADO", fab. SETOM ou similar	pç	1,00
Curva de aço galvanizado à fogo, 90º, pesado, NBR-5624, fab. CARBINOX ou similar, bitola 80mm (3")	pç	2,00
Fita plástica isolante, largura 19mm, em rolos de 20m de comprimento, fab. 3M ou similar	rl	1,00
Fita plástica isolante, largura 18mm, em rolos de 10m, fab. SCOTCH (3M) ou similar, cores Amarela	rl	1,00
Fita plástica isolante, largura 18mm, em rolos de 10m, fab. SCOTCH (3M) ou similar, cores Branca	rl	1,00
Fita plástica isolante, largura 18mm, em rolos de 10m, fab. SCOTCH (3M) ou similar, cores Vermelha	rl	2,00
Instalação de Posto de transformação em AT até 75 kVA (mão de obra civil e elétrica, recomenda-se empresa especializada para execução do serviço)	ud	1,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 75 – Lista de materiais Abrigo dos Quadros

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Eletrocalha em aço galvanizado a fogo, chapa 18 MSG lisa, ref. DP700, com tampa normal, comprimento 3,0 m, fab. DISPAN ou similar, dimensões 300x100mm	ud	2,00
Terminal de fechamento, de aço galvanizado a fogo, ref. DP-737, fab. DISPAN ou similar, dimensão 300x100mm	pç	2,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto com tampa de embutir, dimensões 500 x 500 x 500mm	pç	2,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensões 300 x300 x300mm	pç	1,00
Fita plástica isolante, em rolos de 20 m de comprimento, fab. 3M ou similar	rl	2,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N instalação abrigada (D-S-PA), ref. DA, fab.: daisa ou similar, bitola 3/4". Tipo LB	pç	2,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N instalação abrigada (D-S-PA), ref. DA, fab.: daisa ou similar, bitola 3/4". Tipo ML	pç	1,00





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N instalação abrigada (D-S-PA), ref. DA, fab.: daisa ou similar, bitola 3/4". Tipo LL	pç	1,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N instalação abrigada (D-S-PA), ref. DA, fab.: daisa ou similar, bitola 3/4". Tipo LR	pç	2,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N instalação abrigada (D-S-PA), ref. DA, fab.: daisa ou similar, bitola 3/4". Tipo C	pç	1,00
Eletroduto de alumínio, pesado, com luva, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, bitola 20mm (3/4")	pç	3,00
Arruela em alumínio silício, ref. AU fab. DAISA ou similar, bitola 3/4"	pç	12,00
Bucha em alumínio silício, ref. BUA fab. WETZEL ou similar, bitola 3/4"	pç	12,00
Braçadeira D com cunha cônica para aperto, em aço galvanizado a fogo (chapa 18), fab. DISPAN ou similar, bitola 3/4"	pç	12,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 3/4"	pç	2,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 750V, PVC 70°C, BWF antiflam, tipo Superastic flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar seção 1,5mm <sup>2</sup>	m	55,00
Módulo de tomada padrão brasileiro, com indicador de tensão "220V", 10A, série PIALPLUS, branco, ref. 6150-73, fab. PIAL ou similar	pç	4,00
Interruptor 10 A, 250 V, modelo silentoque de embutir, sem placa, ref 1000, fab. PIAL ou similar, com 1 tecla simples	pç	1,00
Luminária redonda, linha Aquatic, IP-44, difusor em policarbonato, refletor em alumínio polido, soquete de porcelana E-27, cor branca, ref. 604.59, fab. PIAL ou similar	pç	2,00
Execução de Abrigo em alvenaria tipo 4, c/elem. vazado, tela PVC, calçada e laje pré-fabricada, imperm. c/manta asfáltica, inclinação 5%, pintura látex acrílica, porta em chapa de aço cinza munsell 2100x800mm, fechadura tetrachave, dimens. (LxPxA) 4300x2300x2600mm	ud	1,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 76 – Lista de Materiais Iluminação Externa

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Poste de concreto armado, seção duplo T, tipo D150 da N, ref, ROMAGNOLE ou similar 7,2m	pç	46,00
Cruzeta em aço galvanizado a fogo, perfil cantoneira 2"x2"x1/4", comprimento 2,0 m	pç	46,00
Mão francesa em aço galvanizado a fogo, plana, 38x5mm, comprimento 619mm, fab. ROMAGNOLE ou similar	pç	92,00
Parafuso cabeça quadrada, tipo máquina, em aço galvanizado a fogo, bitola 16x125mm, com porca quadrada em AG, fab. ROMAGNOLE ou similar	pç	184,00
Parafuso cabeça quadrada, tipo máquina, em aço galvanizado a fogo, bitola 16x200mm, com porca quadrada em AG, fab. ROMAGNOLE ou similar	pç	46,00
Parafuso cabeça quadrada, tipo máquina, em aço galvanizado a fogo, bitola 16x300mm, com porca quadrada em AG, fab. ROMAGNOLE ou similar	pç	46,00
Refletor LED 50W, corpo em alumínio cinza, vidro temperado, 4200 lm, uso externo, IP-66, 90-240V, fab. Iluminium ou similar	pç	92,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 3x4mm <sup>2</sup>	m	1.400,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 3x6mm <sup>2</sup>	m	850,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 3x10mm <sup>2</sup>	m	2.500,00
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo fab. KANAFLEX ou similar, na bitola (1.1/2")	m	2.400,00





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Eletroduto de alumínio, pesado, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, nas bitolas: 20mm (3/4")	br	92,00
Luva em alumínio, pesado, fab. ELECON ou similar, nas bitolas: 20mm (3/4")	pç	120,00
Fita de aço inoxidável, largura 1/2" carga mínima de ruptura 200 kgf, fab. FUSIMEC ou similar	m	240,00
Fecho para fita de aço inoxidável, 1/2", fab. FUSIMEC ou similar	pç	240,00
Grade de proteção para projetor, confeccionado em chapa moeda de aço inox, com aro em chapa de aço inox ou alumínio	pç	92,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto com tampa de embutir, dimensões 400 x 400 x 400mm	pç	95,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 3/4"r	pç	92,00
Bucha em alumínio silício, fab. WETZEL ou similar, bitolas: 3/4"	pç	230,00
Fita de borracha de alta tensão 23BR, autofusão, largura 19mm, rolo 10m, fab. SCOTCH(3M) ou similar	rl	5,00
Fita plástica isolante em rolos de 20 m de comprimento, fab. 3M ou similar	rl	5,00
Instalação de Poste com até 2 refletores (conforme prancha 089) com até 2 refletores	ud	46,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 77 – Lista de Materiais Malha de Aterramento/S.P.D.A

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Haste de aterramento, núcleo de aço revestido por cobre eletrolítico, diâmetro 5/8", comprimento 3,00m, fab. INTELLI ou similar (47228)	pç	24,00
Conexão exotérmica cabo passante 70 mm <sup>2</sup> na lateral da haste 5/8", composta por molde tipo MGY2-1670, fab. MAXXWELD ou similar	pç	24,00
Cabo de cobre nu, têmpera meia dura, encordoamento classe 2A, fab. INTELLI ou similar, bitola: #50mm <sup>2</sup>	m	50,00
Cabo de aço revestido de cobre nu, fab. coppersteel ou similar, bitola:#70mm <sup>2</sup>	m	250,00
Cabo de aço revestido de cobre nu, fab. coppersteel ou similar, bitola:#50mm <sup>2</sup>	m	250,00
Conexão exotérmica em "T", cabo passante 70 mm <sup>2</sup> , cabo derivação 70 mm <sup>2</sup> , composta por molde tipo MTA2-7070, fab. MAXXWELD ou similar	ud	18,00
Terminal à compressão, em liga de cobre, com 1 furo, para 1 cabo à barra, fab. MAGNET ou similar para cabo bitola 50mm <sup>2</sup>	ud	250,00
Mastro para para-raios ou antena de rádio composto por tubo de aço galvanizado à fogo, NBR-5624, bitola 1.1/2" ref. PRT 334, fab. PARATEC ou similar, comprimento 2m	ud	1,00
Poste Metálico Galvanizado A Fogo, Cônico, 15 Metros De Altura Útil, para Fixação de Captor Franklin	ud	1,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensões 300 x 300 x 300mm	ud	10,00
Para-raios tipo Franklin, em latão niquelado, para uma descida, 350mm, ref. PRT 101, fab. PARATEC ou similar (103284)	ud	1,00
Caixa de passagem em chapa de aço de embutir e sobrepôr, pintura a pó e tratamento anticorrosivo, com furação para entrada e saída de eletrodutos, parafusos de fixação na tampa, dimensões (AxLxP) 502x502x152mm, cód. 90.10.09, ref. CPS-50-PP, fab. CEMAR ou SIMILAR, com barramento de equipotencialização.	ud	1,00
Instalação de haste de aterramento	ud	24,00
Execução de solda exotérmica	ud	42,00
Assentamento de cabo de aterramento	m	550,00

Fonte: SANEPAR (2017).





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

Tabela 78 – Lista de Materiais da ETE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 40mm (1.1/2")	m	60,00
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 30mm (1.1/4")	m	50,00
Eletroduto de alumínio, pesado, com luva, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, bitola: 20mm (3/4")	pç	15,00
Eletroduto de alumínio, pesado, com luva, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, bitola:32mm (1.")	pç	7,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 3/4", tipo LL	pç	1,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 3/4", tipo LB	pç	7,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 3/4", tipo T	pç	4,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 3/4", tipo LR	pç	9,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 2", tipo LB	pç	2,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 2", tipo LR	pç	2,00
Curva em alumínio, pesado, 90º, fab. CARBINOX ou similar, bitola 25mm (1.")	ud	3,00
Curva em alumínio, pesado, 90º, fab. CARBINOX ou similar, bitola 19mm (3/4.")	ud	4,00
Luva em alumínio, pesado, fab. ELECON ou similar, na bitola 25mm (1")	pç	15,00
Luva em alumínio, pesado, fab. ELECON ou similar, na bitola 19mm (3/4")	pç	10,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 400 x 400 x 400mm	pç	3,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 500 x 500 x 500mm	pç	6,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 300 X300 X 300mm	pç	4,00
Braçadeira D com cunha cônica para aperto, em aço galvanizado a fogo (chapa 18), fab. DISPAN ou similar, bitola 1"	pç	25,00
Bucha em alumínio silício, ref. BUA. fab. WETZEL ou similar, bitola 1."	pç	21,00
Arruela em alumínio silício, ref. AU fab. DAISA ou similar, bitola 1."	pç	21,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 3/4"	pç	10,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 1"	pç	8,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 95mm <sup>2</sup>	m	110,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 50mm <sup>2</sup> (A11, A12)	m	230,00
Cabo controle com blindagem eletrostática, 0,5/1kV, 70°C, tipo MA, ref. 115 CA 03 CL5 FR, 3x1,5mm <sup>2</sup> , fab. POLIRON ou similar (S01, S02, S03, S04)	m	700,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 25mm <sup>2</sup> , COR VERDE(TERRA) (A11, A12)	m	38,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 4x4mm <sup>2</sup> (A2, A3, A4, A5)	m	1.300,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 4x2,5mm <sup>2</sup> (A6, A7, A8, A9, A10)	m	90,00
Luminária externa, LED, tipo refletor, 70W, com drive multitemperatura incluso.	pç	4,00





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Cabo de controle numerado, de cobre, têmpera mole, encordoamento classe 5, 0,6/1,0kV, PVC 70C, tipo Sintenax Flex Controle, fab. PIRELLI ou similar, seção 3x1,5mm <sup>2</sup> (C12)	m	152,00
Conector (terminal) para sealtubo, tipo macho giratório em aço galvanizado, ref TMG, fab. TECNO-FLEX ou similar, bitola 2"	pç	2,00
Tubo metálico flexível (sealtubo), em fita de aço galvanizado revestido externamente em PVC preto, anti-chama ref. MGP-G fab, TECNO-FLEX ou similar, na bitola 2"	m	2,00
Sensor de nível, pressão hidrostática, IP 68, aço inox, alim. 10-30VCC, 4-20mA, escala 0-10mca, conexão 1/2", com 15m de cabo de poliuretano, mod. LH-10, fab. WIKA ou similar	pç	3,00
Tubo PVC, para água, perfurado, 50mm(2") para instalação de sensor de nível hidrostático,	m	20,00
Instalação de Sonda / conjunto de eletrodos (2 ou 3 unidades) / poço de sucção / elevatória tipo poço	ud	3,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 79 – Lista de Materiais da Elevatória 03

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 4x2,5mm <sup>2</sup> (A8, A9,)	m	24,00
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 40mm (1.1/2")	m	9,00
Curva em alumínio, pesado, 90°, fab. CARBINOX ou similar, bitola 25mm (1.")	ud	2,00
Luva em alumínio, pesado, fab. ELECON ou similar, na bitola 25mm (1")	pç	3,00
Eletroduto de alumínio, pesado, com luva, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, bitola:32mm (1.")	pç	2,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 500 x 500 x 500mm	pç	1,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo LB	pç	2,00
Bucha em alumínio silício, ref. BUA. fab. WETZEL ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Arruela em alumínio silício, ref. AU fab. DAISA ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 1"	pç	3,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo C	pç	1,00
Cabo controle com blindagem eletrostática, 0,5/1kV, 70°C, tipo MA, ref. 115 CA 03 CL5 FR, 3x1,5mm <sup>2</sup> , fab. POLIRON ou similar (S03)	m	12,00
Tubo PVC, para água, perfurado, 50mm(2") para instalação de sensor de nível hidrostático,	m	6,00
Sensor de nível, pressão hidrostática, IP 68, aço inox, alim. 10-30VCC, 4-20mA, escala 0-10mca, conexão 1/2", com 15m de cabo de poliuretano, mod. LH-10, fab. WIKA ou similar	pç	1,00
Mão de obra de instalação do sensor hidrostático em elevatória tipo poço	ud	1,00
Escavação manual 1ª categoria (vala - material escavado utilizado no assentamento) (Largura 0,40m, e prof média=0,40m) (comprimento=9m) DMT<=200m -Fator de Empolamento 1,30	m <sup>3</sup>	1,44
Assentamento de eletroduto corrugado até 3"	m	9,00
Passagem de cabo multipolar até 4 vias de 4 mm <sup>2</sup> a 6 mm <sup>2</sup>	m	24,00
Passagem de cabo de comando e controle até 12 vias de até 2,5 mm <sup>2</sup>	m	12,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 80 – Lista de Materiais da Elevatória 04

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 4x2,5mm <sup>2</sup> (A8, A9,)	m	40,00





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 40mm (1.1/2")	m	15,00
Curva em alumínio, pesado, 90º, fab. CARBINOX ou similar, bitola 25mm (1.")	ud	2,00
Luva em alumínio, pesado, fab. ELECON ou similar, na bitola 25mm (1")	pç	3,00
Eletroduto de alumínio, pesado, com luva, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, bitola:32mm (1.")	pç	2,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 500 x 500 x 500mm	pç	1,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 300 X300 X 300mm	pç	1,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo LB	pç	2,00
Bucha em alumínio silício, ref. BUA. fab. WETZEL ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Arruela em alumínio silício, ref. AU fab. DAISA ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 1"	pç	3,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo C	pç	1,00
Cabo controle com blindagem eletrostática, 0,5/1kV, 70ºC, tipo MA, ref. 115 CA 03 CL5 FR, 3x1,5mm <sup>2</sup> , fab. POLIRON ou similar (S03)	m	6,00
Tubo PVC, para água, perfurado, 50mm(2") para instalação de sensor de nível hidrostático,	m	20,00
Sensor de nível, pressão hidrostática, IP 68, aço inox, alim. 10-30VCC, 4-20mA, escala 0-10mca, conexão 1/2", com 15m de cabo de poliuretano, mod. LH-10, fab. WIKA ou similar	pç	1,00
Mão de obra de instalação do sensor hidrostático em elevatória tipo poço	ud	1,00
Escavação manual 1ª categoria (vala - material escavado utilizado no assentamento) (Largura 0,40m, e prof média=0,40m) (comprimento=15m) DMT<=200m -Fator de Empolamento 1,30	m <sup>3</sup>	0,80
Assentamento de eletroduto corrugado até 3"	m	15,00
Passagem de cabo multipolar até 4 vias de 4 mm <sup>2</sup> a 6 mm <sup>2</sup>	m	40,00
Passagem de cabo de comando e controle até 12 vias de até 2,5 mm <sup>2</sup>	m	20,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 81 – Lista de Materiais da Elevatória 01

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 4x4mm <sup>2</sup> (A2, A3)	m	660,00
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 40mm (1.1/2")	m	310,00
Curva em alumínio, pesado, 90º, fab. CARBINOX ou similar, bitola 25mm (1.")	ud	2,00
Luva em alumínio, pesado, fab. ELECON ou similar, na bitola 25mm (1")	pç	3,00
Eletroduto de alumínio, pesado, com luva, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, bitola:32mm (1.")	pç	2,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 500 x 500 x 500mm	pç	1,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo LB	pç	2,00
Bucha em alumínio silício, ref. BUA. fab. WETZEL ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Arruela em alumínio silício, ref. AU fab. DAISA ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 1"	pç	3,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo C	pç	1,00
Cabo controle com blindagem eletrostática, 0,5/1kV, 70ºC, tipo MA, ref. 115 CA 03 CL5 FR, 3x1,5mm <sup>2</sup> , fab. POLIRON ou similar (S03)	m	330,00





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Tubo PVC, para água, perfurado, 50mm(2") para instalação de sensor de nível hidrostático,	m	6,00
Sensor de nível, pressão hidrostática, IP 68, aço inox, alim. 10-30VCC, 4-20mA, escala 0-10mca, conexão 1/2", com 15m de cabo de poliuretano, mod. LH-10, fab. WIKA ou similar	pç	1,00
Mão de obra de instalação do sensor hidrostático em elevatória tipo poço	ud	1,00
Escavação manual 1ª categoria (vala - material escavado utilizado no assentamento) (Largura 0,40m, e prof média=0,40m) (comprimento=310m) DMT<=200m -Fator de Empolamento 1,30	m³	64,50
Assentamento de eletroduto corrugado até 3"	m	310,00
Passagem de cabo multipolar até 4 vias de 4 mm² a 6 mm²	m	660,00
Passagem de cabo de comando e controle até 12 vias de até 2,5 mm²	m	330,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 82 – Lista de Materiais da Elevatória 02

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 4x4mm² (A4, A5)	m	650,00
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 40mm (1.1/2")	m	305,00
Curva em alumínio, pesado, 90º, fab. CARBINOX ou similar, bitola 25mm (1.")	ud	2,00
Luva em alumínio, pesado, fab. ELECON ou similar, na bitola 25mm (1")	pç	3,00
Eletroduto de alumínio, pesado, com luva, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, bitola:32mm (1.")	pç	2,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 500 x 500 x 500mm	pç	1,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo LB	pç	2,00
Bucha em alumínio silício, ref. BUA. fab. WETZEL ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Arruela em alumínio silício, ref. AU fab. DAISA ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 1"	pç	3,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo C	pç	1,00
Cabo controle com blindagem eletrostática, 0,5/1kV, 70ºC, tipo MA, ref. 115 CA 03 CL5 FR, 3x1,5mm², fab. POLIRON ou similar (S03)	m	305,00
Tubo PVC, para água, perfurado, 50mm(2") para instalação de sensor de nível hidrostático,	m	6,00
Sensor de nível, pressão hidrostática, IP 68, aço inox, alim. 10-30VCC, 4-20mA, escala 0-10mca, conexão 1/2", com 15m de cabo de poliuretano, mod. LH-10, fab. WIKA ou similar	pç	1,00
Mão de obra de instalação do sensor hidrostático em elevatória tipo poço	ud	1,00
Escavação manual 1ª categoria (vala - material escavado utilizado no assentamento) (Largura 0,40m, e prof média=0,40m) (comprimento=305m) DMT<=200m -Fator de Empolamento 1,30	m³	63,44
Assentamento de eletroduto corrugado até 3"	m	305,00
Passagem de cabo multipolar até 4 vias de 4 mm² a 6 mm²	m	650,00
Passagem de cabo de comando e controle até 12 vias de até 2,5 mm²	m	325,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 83 – Lista de Materiais de Infraestrutura para Alimentação dos Equipamentos de Biogás

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Infraestrutura para Alimentação dos Equipamentos de Biogás		
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensões 300 x 300 x 300mm (287137)	ud	4,00





## SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 100mm	m	90,00
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 40mm	m	90,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensões 500 x 500 x 500mm	ud	4,00
Terminal para eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, seção circular roscável, fab. KANAFLEX ou similar, bitola 40mm (1.1/2")	ud	6,00
Terminal para eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, seção circular roscável, fab. KANAFLEX ou similar, bitola 100mm (4") (49794)	ud	6,00
Perfilado perfurado, 38x38mm, de aço galvanizado a fogo, chapa 16, comprimento 6.000mm, ref. DP502, fab. DISPAN ou similar	ud	15,00
Instalação de Perfilados ou leitos até 76 mm	m	85,00
Tirante roscado, de aço zincado, $\varnothing 5/16"$ , barra com 3,00m, fab. DISPAN ou similar	ud	15,00
Cancho curto para perfilado 38mm, em aço galvanizado a fogo, ref. DP528, fab. DISPAN ou similar (173401)	ud	30,00
Caixa de derivação "X", p/ perfilado 38x38mm, em aço galvanizado a fogo, ref. DP552, fab. DISPAN ou similar	ud	6,00
Interruptor 10 A, 250 V, modelo silentoque de embutir, com placa, ref. 2108, fab. PIAL ou similar, com 1 tecla bipolar paralelo	ud	1,00
Módulo de tomada padrão brasileiro, com indicador de tensão "220V", 20A, série PIALPLUS, branco, ref. 6150-60, fab. PIAL ou similar	ud	7,00
Luminária de sobrepor, para duas lâmpadas fluorescentes 32W, com soquete, lâmpada e reator eletrônico 220V, cor branca, tipo CAA02-S232, fab. LUMICENTER ou similar	ud	12,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 3/4", tipo E	ud	7,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 3/4", tipo C	ud	2,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 750V, PVC 70°C, BWF antinflam, tipo Superastic flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 2,5mm <sup>2</sup> - cor vermelha (284996)	m	110,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 750V, PVC 70°C, BWF antinflam, tipo Superastic flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 2,5mm <sup>2</sup> - cor preta (259942)	m	110,00
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 750V, PVC 70°C, BWF antinflam, tipo Superastic flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 2,5mm <sup>2</sup> - cor verde (285722)	m	110,00
Eletroduto de aço galvanizado à fogo, pesado, barras de 3m, NBR-5598, fab. CARBINOX ou similar, bitola 3/4"	ud	7,00
Instalação de Ponto elétrico	ud	18,00
Assentamento de eletroduto corrugado até 3"	m	90,00
Assentamento de eletroduto corrugado de 4" a 6"	m	90,00

Fonte: SANEPAR (2017).

Tabela 84 – Lista de Materiais da Elevatória 03A

DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Cabo de cobre, têmpera mole, classe 5, 1kV, tipo Sintenax Flex, fab. PRYSMIAN (PIRELLI) ou similar, seção 25mm <sup>2</sup> (A18)	m	3.544,00
Eletroduto Kanalex KL, fabricado em PEAD, corrugado, flexível, tipo KL, fab. Kanaflex ou similar, bitola 50mm	m	870,00
Curva em alumínio, pesado, 90°, fab. CARBINOX ou similar, bitola 25mm (1.)	ud	2,00



DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT
Luva em alumínio, pesado, fab. ELECON ou similar, na bitola 25mm (1")	pç	3,00
Eletroduto de alumínio, pesado, com luva, barra de 3m, fab. ELECON ou similar, bitola:32mm (1.)	pç	2,00
Caixa de passagem pré-fabricada em concreto para proteção do eletrodo de terra, dimensão 500 x 500 x 500mm	pç	1,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo LB	pç	2,00
Bucha em alumínio silício, ref. BUA. fab. WETZEL ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Arruela em alumínio silício, ref. AU fab. DAISA ou similar, bitola 1."	pç	4,00
Prensa cabo em nylon-6 (poliamida-6), rosca BSP, ref. WG. fab. WETZEL ou similar, bitola 1"	pç	3,00
Caixa de passagem e ligação em liga de alumínio injetado, tipo condutele, tamanho N, instalação abrigada (D-S-PA), ref. DN, fab. DAISA ou similar, bitola 1", tipo C	pç	1,00
Cabo controle com blindagem eletrostática, 0,5/1kV, 70°C, tipo MA, ref. 115 CA 03 CL5 FR, 3x1,5mm <sup>2</sup> , fab. POLIRON ou similar (S03)	m	12,00
Tubo PVC, para água, perfurado, 50mm(2") para instalação de sensor de nível hidrostático,	m	6,00
Sensor de nível, pressão hidrostática, IP 68, aço inox, alim. 10-30VCC, 4-20mA, escala 0-10mca, conexão 1/2", com 15m de cabo de poliuretano, mod. LH-10, fab. WIKA ou similar	pç	1,00
Mão de obra de instalação do sensor hidrostático em elevatória tipo poço	ud	1,00
Escavação manual 1ª categoria (vala - material escavado utilizado no assentamento) (Largura 0,40m, e prof média=0,40m) (comprimento=870m) DMT<=200m -Fator de Empolamento 1,30	m <sup>3</sup>	180,96
Assentamento de eletroduto corrugado até 3"	m	870,00
Passagem de 3 a 4 cabos de 10 mm <sup>2</sup> a 25 mm <sup>2</sup>	m	886,00
Passagem de cabo de comando e controle até 12 vias de até 2,5 mm <sup>2</sup>	m	12,00
Quadro de Força e Comando conforme Projeto Executivo - QDLF02 (As especificações do quadro encontram-se no memorial descritivo do projeto)	gb	1,00
Haste de aterramento, núcleo de aço revestido por cobre eletrolítico, diâmetro 5/8", comprimento 3,00m, fab. INTELLI ou similar (47228)	pç	3,00
Conexão exotérmica cabo passante 25 mm <sup>2</sup> na lateral da haste 5/8", composta por molde tipo MGY2-1625, fab. MAXXWELD ou similar	pç	5,00
Cabo de cobre nu, têmpera meio dura, classe 2A, fab. ALCOA ou similar, seção 25 mm <sup>2</sup> (260568)	m	15,00

Fonte: SANEPAR (2017).

#### 2.4.9 Cálculo de Estabilidade do Maciço

Os cálculos referentes à estabilidade do maciço (Solo e Resíduos Sólidos), encontram-se detalhados no **Anexo G** – Cálculo de Estabilidade do Maciço, Tomo II, de acordo com a Norma da ABNT NBR 11.682/2009 – Estabilidade de Encostas.

### 2.4.10 Barracão de Apoio

Deverá ser implantado um barracão de apoio para o estacionamento temporário de máquinas, equipamentos e materiais utilizados durante a operação do Aterro Sanitário, conforme determina o Termo de Referência, com 10,00 x 20,00 x 5,00 m.

Visando rapidez na instalação e mobilidade, a estrutura do barracão é móvel, permitindo que o mesmo seja facilmente realocado e desativado no final da operação conforme necessidade. Para tanto, sugerem-se as seguintes especificações:

- 10 sapatadas para ancoragem em concreto simples ( $f_{ck} = 150\text{MPa}$  - Classe 15) com chapa metálica pronta para encaixe;
- 10 postes metálicos 0,30 x 0,30 m com 5,00 m de altura;
- 5 Tesouras metálicas em perfis U" 5";
- Terças em perfis U" 4" enrijecidas;
- 5 cabos de aço tensionados ( $\varnothing = 1$  polegada);
- Cobertura com telha trapezoidal em alumínio AT25/1020 fabricada de acordo com a NBR 14.514/2008 (Figura 48), ou similar, pintura em esmalte sintético cor verde folha.
- Acessórios de acabamento: cumeeira metálica CT AT25 (Figura 49) ou similar, pintura em esmalte sintético cor verde folha;
- Parafusos para fixação das telha e cumeeiras conforme Figura 50;
- Piso em pedra brita nº3 com 0,20 m de espessura; e,
- Sem paredes ou portas.

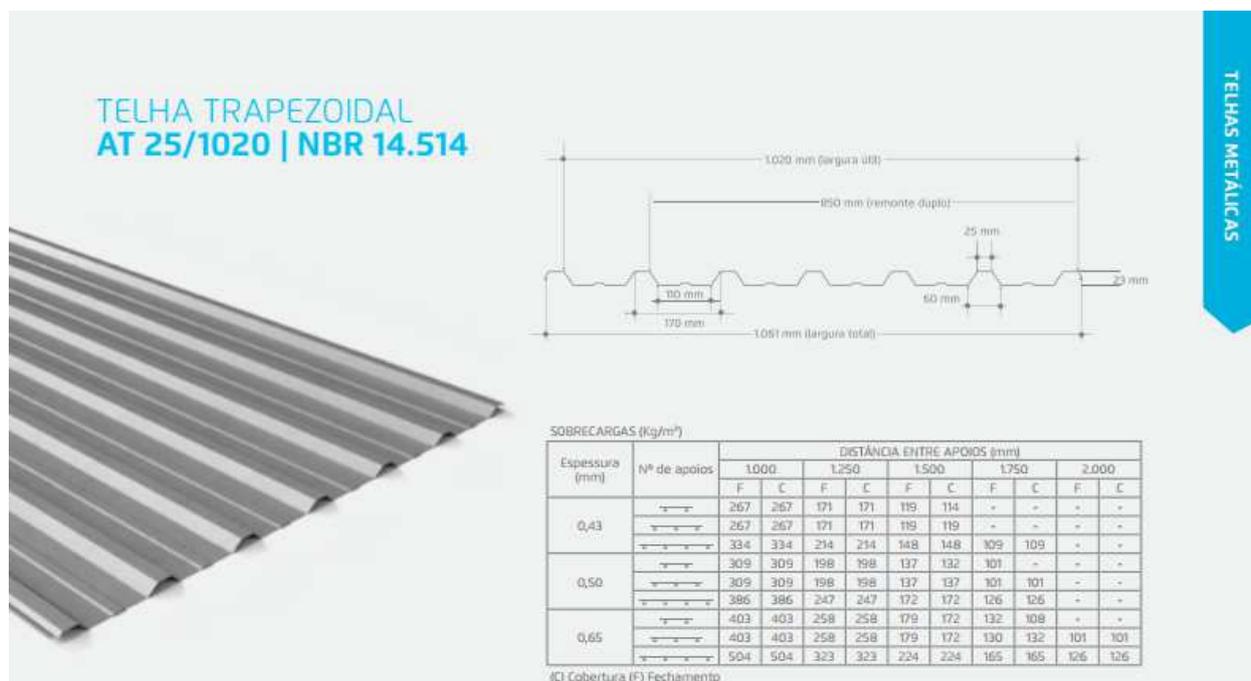


Figura 48 – Detalhe Telha Trapezoidal AT 25/1020

Fonte: ANANDA (2017).

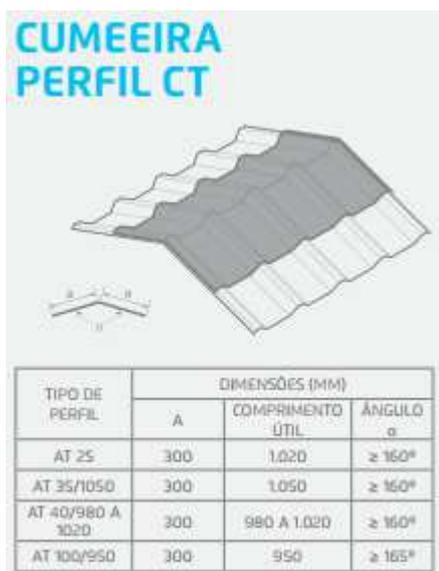


Figura 49 – Detalhe Cumeeira

Fonte: ANANDA (2017).

PARAFUSOS AUTO PERFURANTES						
MODELOS	ESPECIFICAÇÕES			CABEÇA	PONTA	UTILIZADO
	Bitola	Nº Fios por Polegadas	Comprimento por polegadas			
	10	16	3/4	5/16"	3	Telha Ondulada Telha x Terça Metálica
	12	14	3/4	5/16"	3	Telhas Trapezoidais Telha x Terça Metálica
	1/4	14	7/8	5/16"	3	Telha x Telha (Costura)
	12	14	2 3/8	5/16"	3	Telhas Termoacústicas (Revestimento 30 mm) Telha x Terça Metálica
	12	14	3 1/4	5/16"	3	Telhas Termoacústicas (Revestimento 50 mm) Telha x Terça Metálica
	10	14	1 1/2	1/4"	AB	Telha x Terça Madeira
	1/4	14	5	5/16"	4	Telhas Termoacústicas (Revestimento 50 mm) Onda Alta 30

**Bitola | Diâmetro do parafuso**

#10	4,8 mm
#12	5,5 mm
#1/4"	6,3 mm

Outros modelos sob consulta.

Figura 50 – Detalhes Parafusos

Fonte: ANANDA (2017).

Para o cálculo das fundações considerou-se como sendo terreno “normal” para estacas escavadas (ex: nível freático abaixo das estacas, resistência do solo acima de 1 kg f/cm<sup>2</sup>), sem entulhos, seixo rolado ou rachão. Ver detalhes nas Pranchas 054, 055 e 056.

#### 2.4.10.1 Localização do Barracão de Apoio

O local sugerido para instalação do barracão apresenta-se na Figura 51 e na Prancha 056. Durante a operação do novo aterro sanitário, o barracão apesar de possuir uma estrutura móvel como citado inicialmente, está projetado para permanecer no local indicado. Entretanto, o mesmo deverá ser removido quando da desativação do aterro sanitário.

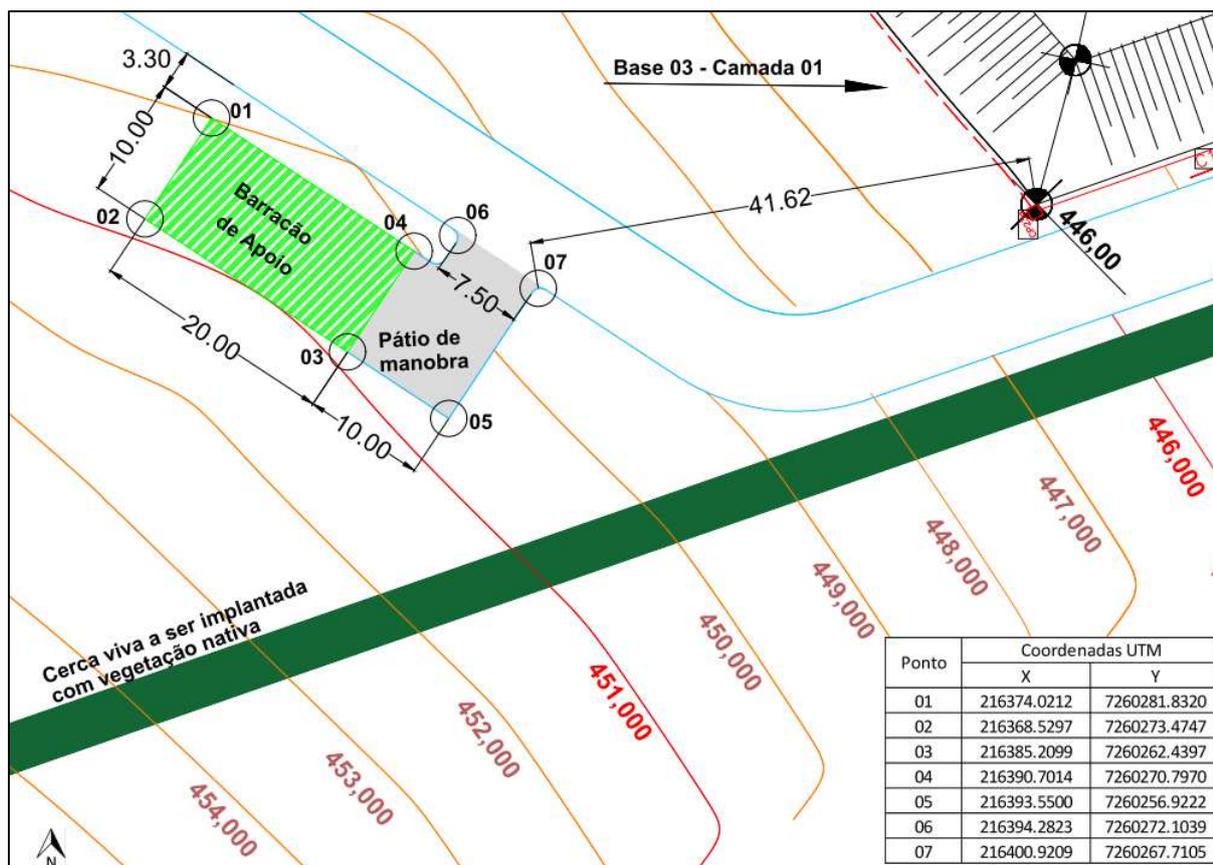


Figura 51 – Localização do barracão de apoio.  
Fonte: Habitat Ecológico (2017).





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. RIEPING&CIA. **Proposta Comercial**. Curitiba, PR. 16 Julho de 2018.
- ACQUA ENGENHARIA. **Manual de Operação. Lodos Ativados**. Pirassununga - SP. sd.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, DF: MMA, 2005. 123 p.
- AGUASPARANÁ. **Mapas e dados espaciais**. 2017. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=79>>. Acesso em: 10 Out. 2017.
- AGUASPARANÁ. **Plano da Bacia Hidrográfica do Paraná 3**, Paraná. 2011. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-239.html>> Acesso em: 10 Out. 2017.
- AGUASPARANÁ. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLERH/PR)**. Resumo Executivo. Curitiba, PR. 2010. 56 p.
- AAT BIOGÁS TECHNOLOGY. **Company Services**. 2015. Disponível em: <<https://www.aat-biogas.at/en/home/>>. Acesso: 20 mar. 2019.
- ACQUA ENGENHARIA. **Manual de Operação. Lodos Ativados**. Pirassununga - SP. sd.
- AEROMACK. **Ventiladores Industriais e Compressores Radiais**. 2019. Disponível em: <<http://aeromack.com.br/soprador-industrial.php>>. Acesso: 20 mar. 2019.
- AISSE, M. M. e BOLLMANN, H. A. **Estudo técnico da disposição final de resíduos sólidos: aterro Lamenha Pequena**. Curitiba, ISAM/PUCPR. 1988.
- AISSE, M. M. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro-RJ: ABES, 2000.
- ALBRECHT LTDA. **Oferta nº 361 / 2017 VER. 00. Sistema de Acumulação, Compressão e Filtragem de Biogás**. Joinville, SC. 2017.
- AMBIENGE. **Estudo ambiental para definição de áreas aptas à aterro sanitário doméstico**. Prefeitura Municipal de Londrina. Inédito. 2002.
- ANANDA METAIS. **Catálogo de Telhas**. Disponível em: <<http://www.anandametais.com.br/produ-tos/coberturas/catalogo-de-telhas/>>. Acesso em 20 Out. 2017.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo). Nota Técnica Conjunta nº 002/SCM/SAB/SQP/SRP – Classificação do Gás Proveniente de Aterro Sanitário. Fevereiro, 2007. Disponível em: <[www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=1842](http://www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=1842)>. Acesso em 22 jan 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. ABNT. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais. ABNT. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5580**: Tubos de aço-carbono para usos comuns na condução de fluidos - Especificação. ABNT. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5648**: Tubos e conexões de PVC-U com junta soldável para sistemas prediais de água fria - Requisito. ABNT. Rio de Janeiro, 2010.





ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto-procedimento. ABNT. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. ABNT. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. ABNT. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. ABNT. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. ABNT. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e solos. ABNT. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo - Ensaio de compactação. ABNT. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7250**: Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos. ABNT. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7362-1**: Sistemas enterrados para condução de esgoto – Parte 1: Requisitos para tubos de PVC com junta elástica. ABNT. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: Aço para concreto armado em barras. ABNT. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7675**: Tubos e conexões de ferro dúctil e acessórios para sistemas de adução e distribuição de água - Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**: Programação de sondagens de simples reconhecimento do solos para fundações de edifícios - Procedimento. ABNT. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios. ABNT. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - classificação por grupos de resistência e consistência. ABNT. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**: Solo - Índice de Suporte Califórnia. ABNT. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Amostragem de Resíduos Sólidos. ABNT. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Amostragem de Resíduos Sólidos. ABNT. Rio de Janeiro. 2004.





ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682**: Estabilidade de Encostas, 2 ed., Comitê Brasileiro de Construção Civil ABNT. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. ABNT. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12592**: Geossintéticos - Identificação para fornecimento – Procedimento. ABNT. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12654**: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto. ABNT. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - preparo, controle e recebimento - procedimento e normas complementares. ABNT. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12770**: Solo coesivo – Determinação da resistência à compressão não confinada. ABNT. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13441**: Rochas e solos - Simbologia. ABNT. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13895**: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Desenvolvimento. ABNT. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14462**. Sistemas para distribuição de gás combustível para redes enterradas. ABNT. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14463**. Sistemas para distribuição de gás combustível para redes enterradas. Conexões de polietileno PE 80 e PE 100 – Requisitos para conexões. ABNT. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – procedimentos. ABNT. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15073**: Tubos corrugados de PVC e de polietileno para drenagem subterrânea agrícola. ABNT. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15224**: Geotêxteis – instalação em trincheiras drenantes. ABNT. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15352**: Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização. ABNT. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15358**. Rede de distribuição interna para gás combustível em instalações de uso não residencial de até 400 kPa — Projeto e execução. ABNT. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15420**: Tubos, conexões e acessórios de ferro dúctil para canalizações de esgotos - Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15561**: Tubulação de polietileno PE 80 e PE 100 para transporte de água e esgoto sob pressão - Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro, 2017.





ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15856**: Geomembrana e produtos correlatos – Determinação de tração. ABNT. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16199**: Geomembranas termoplásticas - Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental. ABNT. Rio de Janeiro, 2013.

ASTM D1557-12e1, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)). ASTM International. West Conshohocken, PA, 2012.

ASTM D698-12, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>)). ASTM International. West Conshohocken, PA, 2012.

BARBOSA Jr., A.R. **Evaporação-evapotranspiração**. In: Elementos da hidrologia aplicada. [200-?]. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/5%20evapotranspiracao.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

BETON STELL. **Proposta nº 2017/553**. Toledo, PR. 19 de Outubro de 2017.

Borthwick M.; Chadwick A.; Morfett J. **Hidráulica para Engenharia Civil e Ambiental**: Tradução da 5ª Edição. Elsevier Brasil, 2016. 504 p.

BRASIL, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. **Catálogo de Tecnologias e Empresas de Biogás**. Brasília, DF, Ministério das Cidades. 2015. 190 p.

BRASIL. Lei Federal Nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 09 jan. 2018.

BRASIL. Lei Federal Nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

BRASIL. Lei Federal Nº 4.950-A/196, de 22 de abril de 1966. **Dispõe sobre a remuneração de profissionais diplomados em Engenharia, Química, Arquitetura, Agronomia e Veterinária**. Distrito Federal, 1966. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4950a.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4950a.htm)>. Acesso em: 12 mar. 2019.

BRASIL. Ministério Das Cidades. **Esgotamento Sanitário**: operação de estações elevatórias de esgoto: guia do profissional em treinamento. Brasília, Ministério das Cidades. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasil, 13 maio 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF. 2012. 109 p.

BRASIL. Norma Regulamentadora N º 10, de 08 de Junho de 1978. **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasil, 1978.





CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – SINAPI (SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL). **Referencial Composições–PR – julho 2017 Desonerado**. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria\\_556](http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_556)>. Acesso em: 12 out. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – SINAPI (SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL). **Referencial Composições–PR–Novembro 2018 Desonerado**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/site/pagina/downloads.aspx>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

CASA CONEXAO DE MATERIAIS HIDRAULICOS LTDA. **Proposta Comercial**. Curitiba, PR. 16 Julho de 2018.

CATAPRETA, C.A.A; SIMÕES, G.F. Monitoramento ambiental e geotécnico de aterros sanitários. **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – CONGEA**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais - IBEAS. Campina Grande/PB. Nov. 2016.

COLE-PARMER. **Tedlar Sampling Bags with Combination Valve**. Disponível em: <<https://www.coleparmer.com/p/tedlar-sampling-bags-with-combination-valve/45621?searchterm=Tedlar%20Sampling%20Bags%20with%20Combination%20Valve>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

COMMETRO ENGENHARIA. **Proposta Comercial**. Chapecó, SC. 17 de Junho de 2018.

COMMETRO. **Instrumentos**. Disponível em: <<http://www.commetro.com.br/instrumentos>>. Acesso em: 20 Jun. 2018.

CONDER (Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia). **Manual de Operação de Aterro Sanitário**. Sdt.

CONSULFESP. **Proposta Técnica e Comercial para Uso de Moto – Geradores para Geração de Energia com Biogás**. São Paulo, SP. Janeiro 2018.

COPEL (Companhia Paranaense de Eletricidade). **NTC 903100**: Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição. Paraná, 2018.

COPEL (Companhia Paranaense de Eletricidade). **NTC 905200**: Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema da COPEL (com compensação de energia). Paraná, 2016.

CRA-PR (Conselho Regional de Administração do Paraná). **Tabela salarial 2016**. Disponível em: <<http://www.cra-pr.org.br/institucional/portal-da-transparencia/gestao-de-pessoas/2016/tabela-salarial-2016.pdf/view>>. Acesso em: 28 mar. 2018

DENARDIN, G. P. Estudo dos Recalques do Aterro Sanitário da Central de Resíduos do Recreio – Minas do Leão/RS. Dissertação de Mestrado, UFSM, 2013. Disponível em: <[http://cascavel.ufsm.br/tede//tde\\_arquivos/20/TDE-2014-05-26T140930Z-4923/Publico/DENARDIN,%20GABRIELA%20PIPPI.pdf](http://cascavel.ufsm.br/tede//tde_arquivos/20/TDE-2014-05-26T140930Z-4923/Publico/DENARDIN,%20GABRIELA%20PIPPI.pdf)>. Acesso em: 22 jan 2018.

DERPR (DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO PARANÁ). **Referencial de preços de custos – Setembro 2017 – com desoneração**. Disponível em: <<http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=73>>. Acesso em: 12 out. 2018.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). **Norma DNIT 108/2009 – ES. Terraplanagem - Aterros - Especificação**. Brasil. 2009.





DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). **Mapa Geológico do Paraná**. Paraná, 1986.

ELCOSUL LTDA. **Proposta Comercial**. Curitiba, PR. 22 de Outubro de 2018.

EMBRAPA. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/339505>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

ENGEPOL. **Comunicação pessoal**. São José das Canoas, RS. 2017.

ENVIRONQUIP. **Comunicação pessoal**. Curitiba, PR. 2017.

FENDRICH R., OBLADEN N.L., AISSÉ M.M., GARCÍAS C.M. 1997. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 1 ed. Curitiba, Champagnat, 125–194 p.

FESTI, A.V. **Coletânea das equações de chuvas do Brasil**. São Paulo. 2007. Disponível em <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/coletanea\\_chuvas.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/coletanea_chuvas.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2017.

FIPE (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS). **Aspectos técnicos / econômico-financeiros da implantação, manutenção, operação e encerramento de aterros sanitários: relatório final**. Sindicato de Empresas de Limpeza Urbana (SELUR). São Paulo, mar. 2017. Disponível em: <<https://selur.org.br/wp-content/uploads/2017/06/FIPE-RELAT%C3%93RIO-ASPECTOS-ECONOMICO-FINANCEIROS-ATERROS.pdf>>. Acesso em: mar. 2019

FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA. **EIA/RIMA do Aterro de Resíduos Industriais do Município de Toledo/PR**. Toledo/PR, 2005. 511 p.

Geoquality Ltda. **Ensaio de Permeabilidade em Campo com Permeâmetro Guelph**. Disponível em: <<http://geoquality.com.br/ensaio-com-perme%C3%A2metro-guelph.html>>. Acesso em 10 Dez. 2017.

GEO-SLOPE. 2007. **Stability Modeling with SLOPE/W – An Engineering Methodology**. Manual do usuário. Geo-Slope International Ltd. Canadá.

GEOSSINTEC. **Proposta Comercial**. Campo Bom, RS. 28 de Março de 2008.

GILLIANO ANTONIO RIBEIRO. **Proposta Orçamentária**. Curitiba, PR. 05 de Julho, 2018.

GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério a decisão**. São Paulo: Editora Pioneira Thompson Learning, 2004. 167 p.

HABITAT ECOLÓGICO. **Aterro sanitário para resíduos sólidos em Cascavel - PR**. 2008.

HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C.; ORLANDI FILHO, V. 1979. **Complexo Granulítico de Santa Catarina - Descrição e implicações genéticas**. Acta Geol. Leopold., 3: 93-111.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. 1975. **The Ribeira folded belt**. Revista Brasileira de Geociências, v. 5, n. 4, p. 257-266.

HATANAKA, M; UCHIDA, A. 1996. **Empirical correlation between penetration resistance and effective friction of Sandy soil**. Soils & Foundations, Vol 36(4), 1-9, Japanese Geotechnical Society.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Paraná, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-677.html>>. Acesso em: 15 set. 2017





INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Médias Históricas em estações do IAPAR**. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Cascavel.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Cascavel.htm)>.

Acesso em: 15 set. 2017.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Portaria IAP Nº 259**. Paraná. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido Monteiro ... [et al.]; Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Brasil, 2010. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa da vegetação do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas**. Brasil, 2015. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ. **Mapa de Cobertura Vegetal Nativa do Estado do Paraná**. Mapa Geral do Estado do Paraná. [Curitiba], 1990. 1 mapa: 42,0 x 29,7 cm. Escala 1:250.000

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ. **Mapa Fitogeográfico**. Mapa Geral do Estado do Paraná. [Curitiba], 1990. 1 mapa: 42,0 x 29,7 cm. Escala 1:2.000.000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Brasil. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 20 out. 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico do Município de Toledo**. 2018. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&cod\\_conteudo=30](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=30)>. Acesso em 18 abr. 2018.

JAFMELLOTOPOGRAFIA. **Proposta Orçamentária**. Guarapuava, PR. 08 de Agosto de 2018.

JNG MATERIAIS ELÉTRICOS. **Refletor Led**. Disponível em: <<http://www.jng.com.br/produtos-detalhes.asp?idprod=142>>. Acesso em: 10 Dez. 2017.

KANAFLEX. **Proposta Comercial**. Curitiba, PR. 26 de Março de 2018.

KAVAZANJIAN, E.JR.; MATASOVIC, N.; BONAPARTE, R.; SCHMERTMANN, G.R. Evaluation of MSW Properties for Seismic Analysis. In: GEOENVIRONMENT 2000 - **Characterization, Containment, Remediation, And Performance In Environmental Geotechnics**. New Orleans, Louisiana: ASCE, Geotechnical Special Publication n.46, 1995, p.1126-1141.

LIMA, J. D., Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2001.

LING, H. I. et al. Estimation of municipal solid waste landfill settlement. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering. 1998.

MACCAFERRI DO BRASIL. **Estimativa de Custo de Estrutura em Colchão Reno e=0,30m**. Curitiba, PR. 09 de Novembro de 2017.





MACCAFERRI. **Brochure – BR – Canais em colchões Reno e gabiões revestidos com argamassa – PT.** 2015. Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/br/download/brochure-br-canais-em-colchoes-reno-e-gabioes-revestidos-com-argamassa-pt-feb21/>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

MERSE. **Catálogo:** pluviômetros. 2017. Disponível em: <[http://catalogo.merse.com.br/catalogo\\_merse/acessorios/termometros/pluviometros.htm](http://catalogo.merse.com.br/catalogo_merse/acessorios/termometros/pluviometros.htm)>. Acesso em: 10 Dez. 2017.

MG METALURGICA EIRELLI ME. **Proposta Orçamentária nº 18354.** Ponta Grossa, PR. 16 de Outubro de 2018.

NETZCSH. **Comunicação pessoal.** Pomerode, SC. 2017.

OBER. S.A. **Catálogo.** 2017.

OBLADEN, N.L.; OBLADEN, N.T.R.; BARROS, K.R. **Guia para Elaboração de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos. Volume I.** Curitiba, CREA-PR. Dezembro 2009. 63 p.

PARINOX. **Proposta Comercial.** Curitiba, PR. 05 de Julho, 2018.

PEAD BRASIL. **Proposta Orçamentária.** Campinas, SP. 10 de Outubro de 2018.

PINTO, N. L. S., HOLTZ, A. C. T., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S **Hidrologia básica.** São Paulo, Edgard Blücher, Rio de Janeiro, Fundação Nacional de Material Escolar, 1976.

PUCPR. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ. **Revista acadêmica.** Ano V, Nº 09, março 1994, Curitiba/PR.

PROTEGO. **Corta Chamas - Catálogo.** 2019. Disponível em: <<https://www.protego.com/pt/home.html>>. Acesso em: 20 de jan. 2018.

RIETOW, J. C., NAGASHIMA, M. Y.Y., DEUS, P. L., BAETTKER, E. C., AISSE, M. M. Avaliação do processo de stripping da amônia como pré-tratamento de lixiviados de aterros sanitários. In: **29º Congresso da ABES**, 2017, São Paulo.

ROBUSCHI. **Comunicação pessoal.** Piracicaba, SP. 2018.

RODRIGUES & CORDOVA. **Proposta Orçamentária.** Curitiba, PR. 13 de Julho de 2018.

SANECOMFIBRA. **Proposta Comercial.** Rio Grande da Serra, SP. Julho de 2018.

SANEPAR (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ). **Tabela de Preços MAXOR.** SANEPAR, jun. de 2017.

SANEPAR (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ). **Tabela de Preços Unitários Compostos.** SANEPAR, jun. de 2017. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/categoria/informacoes-tecnicas/tabelas-de-precos>>. Acesso em: 20 de jan. 2018.

SANTOS, Maurício. M. dos. **Avaliação hidrogeologia para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR).** Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade do Estado de São Paulo. Rio Claro, 2005.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - ESTADO DO PARANÁ. **Portaria SUREHMA Nº 010 de 19 de setembro de 1991.** Disponível em: <<http://www.recurshidricos.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=29>>. Acesso em: 15 Jan. 2018.





SOUTO, G. D. B.; POVINELLI, J. Ammonia Stripping From Landfill Leachate Using Packed Towers. In: **International waste management and landfill symposium**, 12, 2009, Sardinia. p. 541-542, 2009.

SOUTO, G.D.B. **Lixiviado de aterros sanitários brasileiros – estudo de remoção de nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (“stripping”)**. 371p. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SOUTO, G.D.B. **Lixiviado de aterros sanitários brasileiros: estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (“Stripping”)**. 371 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos (2009).

STEPHEN E. HALLINAN, MARTA S.M. MANTOVANI, WLADIMIR SHUKOWSKY e IRALDO BRAGGION Jr. 1993. **Estrutura do escudo Sul-Brasileiro**: Uma revisão através de dados gravimétricos e magnetométricos. Revista Brasileira de Geociências 23(3):201-214.

STRAUSS, M. **Análise de Estabilidade de Talude do Aterro Sanitário da Zona Norte de Porto Alegre**. Dissertação Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

SULZER. **Comunicação pessoal**. Curitiba, PR. 2017.

TERMOTÉCNICA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA. **Proposta Orçamentária nº 060769**. Belo Horizonte, MG. 19 de Outubro de 2018.

TOLEDO (Município). **Lei Complementar Nº 020**, de 16 de Setembro de 2016. Dispõe sobre a revisão e a reformulação do Plano Diretor Municipal – TOLEDO 2050, estabelece diretrizes e proposições para o planejamento, desenvolvimento e gestão do território do Município. Toledo, 29 set. 2016. Disponível em: <<http://www.toledo.pr.gov.br/portal/plano-diretor-participativo-toledo-2050>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

TOLEDO (Município). **Lei Nº 2.105**, de 22 de Junho de 2012. Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e de Resíduos Volumosos e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Toledo. Toledo, 27 jun. 2012. Disponível em: <[http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/sapl\\_documentos/norma\\_juridica/321\\_texto\\_integral](http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/321_texto_integral)>. Acesso em 04 abr. 2018

TOLEDO (Município). **Lei Nº 2.227**, de 05 de Julho de 2016. Aprova Plano de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos do Município de Toledo - PMCS. Toledo, PR. 11 jul. 2016. Disponível em: <[http://www.toledo.pr.gov.br/sal/sapl\\_documentos/norma\\_juridica/9250\\_texto\\_integral](http://www.toledo.pr.gov.br/sal/sapl_documentos/norma_juridica/9250_texto_integral)>. Acesso em: 20 jan. 2018.

TOLEDO (Município). **Lei Nº 2.233**, de 16 de Setembro de 2016. Dispõe sobre o zoneamento do uso e da ocupação do solo urbano no Município de Toledo. Toledo, PR. 21 set. 2016. Disponível em:<[http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/sapl\\_documentos/norma\\_juridica/9434\\_texto\\_integra](http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/9434_texto_integra)> . Acesso em: 10 de out. 2017.

TOLEDO (Município). **Lei Nº 2.243**, de 11 de outubro 2017. Estabelece o Plano Municipal de Recursos Hídricos de Toledo. 19 out. 2017. Disponível em: [http://toledo.pr.leg.br/transparência/administrativo/processos\\_administrativos/2018\\_protocolo-782-2018-solicitacao-informacoes-caopmahu/lei-no-2-243-de-11-de-outubro-de-2017-planohidrico/view](http://toledo.pr.leg.br/transparência/administrativo/processos_administrativos/2018_protocolo-782-2018-solicitacao-informacoes-caopmahu/lei-no-2-243-de-11-de-outubro-de-2017-planohidrico/view)>. Acesso em: 10 de out. 2017





TOLEDO (Município). **Planilhas contendo quantidades de resíduos destinados ao Aterro Sanitário no ano de 2016**. Toledo, 2017.

TOLEDO (Município). **Plano Diretor Participativo TOLEDO - 2050**. Toledo, PR. 2015. Disponível em: <[http://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/toledo\\_plano\\_dir\\_eto\\_r\\_net.pdf](http://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/toledo_plano_dir_eto_r_net.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2017.

TOLEDO (Município). **Plano Municipal de Coleta Seletiva (PMCS)**. Toledo, 2014. 159 p.

TOLEDO (Município). **Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS)**. Toledo, 2012.

TOLEDO (Município). **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Toledo**. Toledo, 2010. Disponível em: <<http://www.toledo.pr.gov.br/pagina/plano-municipal-de-saneamento-basico>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

TOLEDO (Município). **Planta de Desmembramento - Lote rural nº 25-A**. Toledo, 2015.

TOLEDO (Município). **Planta de Unificação - Chácara nº 27-D**. Toledo, 2014.

TOLEDO (Município). **Relatório Ambiental Preliminar (RAP) do Aterro Sanitário Municipal de Toledo/PR**. Toledo, 2016. 85 p.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Planejamento Estratégico do Município de Toledo. **Publicação Eletrônica**. Mensagem recebida por <[habitat.ecco@gmail.com](mailto:habitat.ecco@gmail.com)> em 14 jan. 2019.

TONUS, B. P. A. **Estabilidade de taludes: avaliação dos métodos de equilíbrio limite aplicados a uma encosta coluvionar e residual da Serra do Mar paranaense**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Orientador: Alessandro C. Morales Kormann, 2009.

TRANSPORTEC. **Ofício para Prefeitura do Município de Toledo - Secretaria de Meio Ambiente**. 29 de Janeiro de 2018.

**Tubos PEAD MG. Manual Técnico do Polipropileno**. 2019. Disponível em: <<https://tubospeadm.com.br>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

VAZOLLER, R. F. **Microbiologia de Lodos Ativados – Série Manuais**. São Paulo, CETESB.1989.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill, São Paulo - SP, 1978.

Von SPERLING, M. *et al.* Pos Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por Sistemas de Lodos Ativados. In: **Pos Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios** (C. A. L. Chernicharo, Coord). Belo Horizonte. 2001. p.279-331.

WAICHAI. **Biogas Series WPG210**. Waichai Power Co. Weifang, China. 2015.

WALL, D.K., ZEISS, C. **Municipal landfill biodegradation and settlement**. Journal of environmental engineering. Asce, 1995.

WALTRICK SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Proposta Orçamentária para implantação dos Colchões Reno**. Curitiba, PR. 30 de Novembro de 2017.

WALTRICK SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Proposta Orçamentária para Implantação Pluviômetro**. Curitiba, PR. 05 de Junho de 2018.



PL 133/2019  
AUTORIA: Poder Executivo

