

**GOVERNO DO ESTADO DE SERGIPE
SECRETARIA DE ESTADO DO TURISMO - SETUR**

**PROGRAMA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO
DO TURISMO EM SERGIPE - PRODETUR/SERGIPE**

**Elaboração de Estudos de Viabilidade e de Projetos
Básico e Executivo para a Construção de Aterros Sanitários**

**PRODUTO 7.A: PROJETOS EXECUTIVOS
DAS OBRAS DE ENGENHARIA**

**VOLUME 1 - PROJETO EXECUTIVO DO ATERRO
SANITÁRIO DE CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO**

TOMO I – RELATÓRIO GERAL

GOVERNO DO ESTADO DO SERGIPE
SECRETARIA DE ESTADO DO TURISMO - SETUR

Contrato nº 007/2016

**SERVIÇO TÉCNICO ESPECIALIZADO PARA A ELABORAÇÃO DE
ESTUDOS DE VIABILIDADE E DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO
PARA A CONTRATAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS NOS MUNICÍPIOS
DE INTERVENÇÃO DO PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO
TURISMO – PRODETUR SERGIPE**

**PRODUTO 7.A: PROJETOS EXECUTIVOS
DAS OBRAS DE ENGENHARIA
VOLUME 1 - PROJETO EXECUTIVO DO ATERRO
SANITÁRIO DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO - SE
TOMO I – RELATÓRIO GERAL**

REVISÃO 00: JULHO / 2019

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O presente relatório versa sobre o **PRODUTO 7A: PROJETOS EXECUTIVOS DAS OBRAS DE ENGENHARIA – ATERRO SANITÁRIO DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO - SE**, apresentado pelo Consórcio TPF/QUANTA como parte integrante dos serviços pertinentes ao Serviço Técnico Especializado para Elaboração de Estudos de Viabilidade e de Projetos Básico e Executivo para Construção de Aterros Sanitários nos municípios de intervenção do Programa de Desenvolvimento do Turismo – PRODETUR SERGIPE. Foi desenvolvido no âmbito do Contrato nº 007/2016, firmado entre a SETUR – Secretaria de Estado do Turismo e o Consórcio formado pelas empresas TPF Engenharia Ltda. e Quanta Consultoria Ltda., tendo sua elaboração obedecida às diretrizes definidas no Termos de Referência do Contrato 007/2016.

O Projeto Executivo dos Aterros Sanitários ora apresentado tem como objetivo primordial a apresentação do modelo tecnológico a ser implantado para os aterros sanitários de Estância, Japarutuba e Canindé de São Francisco, que contempla além da unidade do aterro sanitário, uma unidade de compostagem e uma unidade de triagem dos resíduos.

Os trabalhos a serem desenvolvidos ao longo do processo serão constituídos por atividades multidisciplinares que culminam na elaboração e/ou execução de produtos específicos previamente determinados. Os produtos que compõem o acervo do contrato são apresentados a seguir:

- Produto 1: Plano de Trabalho;
- Produto 2.A: Diagnóstico dos Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Existentes;
- Produto 2.B: Relatório da Escolha e Caracterização das Alternativas Locacionais;
- Produto 3.A: Relatório dos Serviços Topográficos;
- Produto 3.B: Relatório dos Estudos Geotécnicos;
- Produto 3.C: Anteprojeto dos Equipamentos de Manejo de Resíduos Sólidos;
- Produto 3.D: Estudos Ambientais Específicos;

- Produto 4: Relatório de Viabilidade Técnica, Econômica, Ambiental e Social;
- Produto 5.A: Projetos Básicos das Obras de Engenharia;
- Produto 5.B: Projetos Básicos dos Pátios de Compostagem;
- Produto 5.C: Projetos Básicos dos Centros de Triagem;
- Produto 5.D: Projetos Básicos de Remediação dos Lixões Atuais;
- Produto 6: Solicitação e Obtenção da Licença Prévia;
- **Produto 7.A: Projetos Executivos das Obras de Engenharia;**
- Produto 7.B: Projetos Executivos de Remediação dos Lixões Atuais.

EQUIPE TÉCNICA

- Adonai de Souza Porto, Eng. Civil CREA: 5297 D/CE
- José Fernando Thomé Jucá, Dsc. Eng. Civil. CREA 7.956 D/PE
- Francisco Humberto de Carvalho Junior, Eng. Civil,
- Dsc. Saneamento Ambiental/ CREA CE 060340534-7
- Gleyciane Nobre Rocha, Engenheira Ambiental e Sanitarista- CREA CE 061181422-6
- João Pedro Carvalho Gomes, Eng. Civil CREA: 323716 D/CE
- Maria Odete Holanda Mariano, Dsc. Eng. Civil. CREA: 24.500 D/PE
- Eduardo A. M. Lins, Dsc. Eng. Civil. CREA 29.390 D/PE
- Flávio Lage Rocha, Eng. Civil CREA: 8320 D/CE
- Gustavo Brasileiro Coelho, Eng. Civil CREA: 060477146-0
- José Ribamar de Sousa, Eng. Civil CREA: 110159204-4
- José Wilton Ferreira do Nascimento, Eng. Ambiental CREA: 060752807-9
- Francisco Edson de Alencar Souza Júnior, Eng. Civil CREA 060494009-2
- Marcelo Brauner dos Santos, Eng. Civil CREA 060853359-9
- Raquel Azevedo Espíndola de Macedo, Eng. Civil CREA 060625583-4
- Allan Gustavo Daher Vasconcelos, Eng. Civil CREA: 340253 –D/CE
- Naimar Gonçalves Barroso Severiano, Economista/ Msc. Economia Rural/
Ambientalista, CORECON 1996 / 8ª R-CE
- Oscar Pedreira Aragão, Engenheiro Ambiental e Sanitarista CREA CE 0618419012
- Rafaella de Moura Medeiros CREA: 1817832346/PE
- Alison de Souza Norberto CREA: 1817487400/PE
- Paulo Ramalho, Arquiteto CAU A48574-8
- Edmar Machado Júnior Topógrafo
- Diego Antônio Fontes de Ávila, Geólogo, CREA 2712583574

SUMÁRIO GERAL

	Páginas
APRESENTAÇÃO	II
1- INTRODUÇÃO	X
2 – MODELO TECNOLÓGICO DA DESTINAÇÃO FINAL	13
2.1. UNIDADE DE DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS URBANOS.....	15
2.2. UNIDADE DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO.....	17
2.3 UNIDADE DE TRIAGEM DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.....	17
2.4 UNIDADES DE PODAS E COMPOSTAGEM.....	17
3 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS	18
3.1. SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO.....	19
3.2. CLIMA.....	22
3.3. GEOMORFOLOGIA.....	31
3.4. GEOLOGIA E GEOTECNIA.....	32
3.4.1 <i>Geologia</i>	32
3.4.2 <i>Geotecnia</i>	34
3.4.2.1 <i>Sondagens Tipo SPT</i>	35
3.4.2.2 <i>Sondagens Geofísica - SEVs</i>	37
3.5. PEDOLOGIA.....	39
3.6. RECURSOS HÍDRICOS.....	40
3.7. CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL.....	46
4– CONCEPÇÃO DO PROJETO	47
4.3. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	49
4.4. CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	50
4.5. DEFINIÇÃO DA ÁREA E VOLUME DO ATERRO SANITÁRIO.....	52
4.6. ANÁLISE DA ESTABILIDADE.....	54
4.6.1. <i>Descrição do Software Utilizado</i>	54
4.6.2. <i>Geometria do Aterro</i>	55
4.6.3. <i>Nível piezométrico</i>	55
4.6.4. <i>Parâmetros Geotécnicos Adotados</i>	55
4.6.5. CASOS ANALISADOS.....	56
4.6.6. RESULTADOS DAS ANÁLISES.....	57
5– TERRAPLANAGEM DO ATERRO DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO	62
6 – DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE PROJETO	64

6.1 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	65
6.2 CÁLCULO DA VAZÃO MÉDIA DE PERCOLADO.....	73
6.3. SISTEMAS DE DRENAGEM DE LIXIVIADO	76
B) COLETA E ENCAMINHAMENTO DO LIXIVIADO	78
C) DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADO.....	78
I) DRENOS DE FUNDAÇÃO: DRENOS PRINCIPAIS, SECUNDÁRIOS E DRENAGEM ANELAR	78
6.4 SISTEMA DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO	81
6.4.1 CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO	82
6.5 SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE GASES.....	83
6.5.1 DIMENSIONAMENTO DOS DRENOS DE GÁS	83
6.6 IMPERMEABILIZAÇÃO INFERIOR	88
6.7 IMPERMEABILIZAÇÃO SUPERIOR	89
a) Cobertura Diária.....	89
b) Cobertura Intermediária	90
c) Cobertura Final	90
6.8. SISTEMA VIÁRIO	90
6.9. RESERVA LEGAL E CINTURÃO VERDE	98
7 – PLANO DE AVANÇO DO ATERRO SANITÁRIO.....	100
8 – UNIDADES DE APOIO - INFRAESTRUTURA.....	103
8.1. MURO DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	104
8.2. REDE DE ILUMINAÇÃO	104
8.3. PORTARIA/GUARITA	107
8.4. BALANÇAS DE ENTRADA E SAÍDA DE VEÍCULOS	107
8.5. UNIDADE ADMINISTRATIVA.....	107
9 – EQUIPAMENTOS E MÃO-DE-OBRA.....	109
10 – PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	112
10.6 VETORES E ENFERMIDADES.....	123
11 – SERVIÇOS COMPLEMENTARES (MANUTENÇÃO).....	124
11.1 PAISAGISMO.....	125
11.2 MANUTENÇÃO DA CAMADA DE COBERTURA.....	125
11.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADO	126
11.4 MANUTENÇÃO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	126
11.5 MANUTENÇÃO DA LIMPEZA GERAL DA ÁREA	126
11.6 MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO.....	127
11.7 MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	127

11.8 MANUTENÇÃO DAS CERCAS E PORTÕES	129
11.9 MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM E QUEIMA DO BIOGÁS	129
12 – PLANO DE ENCERRAMENTO DO ATERRO.....	132
13 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
ANEXOS	136

SUMÁRIO DE FIGURAS

	Páginas
Figura 2:1: Fluxograma do Modelo Tecnológico	14
Figura 2:2: Localização das unidades do aterro sanitário de Canindé do São Francisco.	15
Figura 3:1: Município de Canindé de São Francisco – Localização da Gleba-03.....	20
Figura 3:2: Limites e Topografia da área de disposição de Canindé de São Francisco	21
Figura 3:3: Registro fotográfico do Aterro Sanitário de Canindé de São Francisco.....	21
Figura 3:4: Município de Poço Redondo/SE – Precipitação e Evaporação total.....	25
Figura 3:5: Município de Poço Redondo/SE – Deficit Hídrico	25
Figura 3:6: Precipitação Mensal – Estação Paulo Afonso / BA – Séries Históricas.....	26
Figura 3:7: Temperaturas Mensais Médias, Máximas e Mínimas – Estação Paulo Afonso – BA.....	27
Figura 3:8: Evaporação Total Mensal de Aracaju – Série 1961/1990	28
Figura 3:9: Precipitação e Evaporação – Estação Paulo Afonso / BA – Séries Históricas.	29
Figura 3:10: Balanço Hídrico Simplificado – Estação Paulo Afonso / BA – Séries Históricas	30
Figura 3:11: Mapa Planialtimétrico e direção dos ventos – Canindé de São Francisco	31
Figura 3:12: Mapa Geológico da área em estudo	33
Figura 3:13: Localização das sondagens SPT e SEVs – Canindé de São Francisco	34
Figura 3:14: Perfil de Sondagem – SP-02 e SP-04	36
Figura 3:15: Perfil de Sondagem – SP-03 e SP-04	36
Figura 3:16: Correlação estratigráfica estimada do aterro sanitário.....	38
Figura 3:17: Mapa de Solos do Município de Canindé de São Francisco.....	39
Figura 3:18: Mapa Hidrogeológico da área do aterro sanitário	43
Figura 3:19: Mapa de Fluxo Subterrâneo da área do aterro sanitário.....	44
Figura 4:1: Vista geral da disposição final de Canindé de São Francisco.	53
Figura 4:2: Seções transversais da área aterro sanitário Canindé de São Francisco.	53
Figura 4:3: Caso 1: Cenário 1 – Encosta em sua condição natural.	58
Figura 4:4: Caso 1: Cenário 2 – Encosta após a execução de cortes e com sobrecarga relativa ao caminhão de resíduos.	59
Figura 4:5: - Caso 2: Cenário 1 – após a deposição dos resíduos até a cota 207 (nível piezométrico de 1/3 da altura da célula), admitindo-se tratar de resíduo novo.	59

Figura 4:6: Caso2: Cenário 2 – Idem ao cenário 1, mas com ineficiência no sistema de drenagem (nível piezométrico: 2/3 da altura da célula).....	59
Figura 4:7: Caso 2: Cenário 3 – após a deposição dos resíduos até a cota final do projeto (214), considerando-se a diferença entre o resíduo velho e o resíduo novo (condição de eficiência na drenagem (nível piezométrico: 1/3 da altura da célula).	60
Figura 4:8: Caso 2: Cenário 4 – Idem ao cenário 3, mas com ineficiência no sistema de drenagem (nível piezométrico: 2/3 da altura da célula).....	60
Figura 4:9: Caso 2: Cenário 5 – após a deposição final dos resíduos até a cota de 214, considerando-se todo talude constituído de resíduo velho – (condição de eficiência na drenagem-nível piezométrico: 1/3 da altura da célula).....	61
Figura 4:10: Caso 2: Cenário 6 – Idem ao cenário 6, mas com ineficiência no sistema de drenagem (nível piezométrico: 2/3 da altura da célula).	61
Figura 5:1: Layout dos cortes transversais do Aterro de Canindé de São Francisco	63
Figura 6:1: Canaleta de Concreto Pré-moldado.	70
Figura 6:2: Execução da drenagem de lixiviado.....	77
Figura 6:3: Execução da drenagem de lixiviado.....	77
Figura 6:4: Execução da drenagem de lixiviado.....	78
Figura 6:5: Distribuição do sistema de drenagem de lixiviados de fundação.....	80
Figura 6:6: Perfil esquemático da Lagoa de evaporação.	82
Figura 6:7: Sistema de Drenagem de Gases.....	87
Figura 6:8: Locação de sistema viário	91
Figura 6:9: Detalhe da via principal (trecho de 8 metros de largura da pista).....	98
Figura 8:1 Parâmetros geométricos da distribuição dos postes.....	105
Figura 8:2: Modelo de luminária a ser utilizado no posteamento do ASM.	106
Figura 8:3: Ilustração da altura de linha de poda do cinturão verde (ASM).	107
Figura 10:1: Mapa de recursos hídricos – Canindé do São Francisco.....	115
Figura 10:2: Execução dos ensaios SPT.....	120
Figura 10:3: Coleta de amostra de resíduos e lixiviado.....	120
Figura 10:4: Ilustração dos fios dos termopares e do medidor de temperatura digital.	121
Figura 10:5: Esquema de monitoramento dos gases em aterros de RSU.	122
Figura 10:6: Equipamentos portáteis de análise do biogás.....	123

SUMÁRIO DE QUADROS

Páginas

Quadro 3:1: Parâmetros Climáticos da estação de Paulo Afonso Série 1961-1990	24
Quadro 3:2 – Balanço Hídrico simplificado da estação de Paulo Afonso Série 1961-1990	29
Quadro 3:3: Profundidade das sondagens	35
Quadro 3:4: Ensaio realizados no Tanque 2 do Aterro de Canindé de São Francisco	45
Quadro 3:5: Ensaio realizados no Tanque 3 do Aterro de Canindé de São Francisco	45
Quadro 4:1 – População Atendida – Município de Canindé de São Francisco – Anos 2021 a 2040	49
Quadro 4:2 – Composição Gravimétrica do município de Canindé de São Francisco.....	50
Quadro 4:3 – Percentual de Resíduos por Unidade de Tratamento e Destinação Final.....	50
Quadro 4:5: Peso e volume anual e total de resíduos que serão dispostos nas células do Aterro Sanitário de Canindé de São Francisco	51
Quadro 4:6: Estimativa de áreas e volumes para o aterro sanitário de Canindé de São Francisco.	52
Quadro 4:7: Parâmetros utilizados nas análises de estabilidade de taludes.	56
Quadro 4:8: Fatores de Segurança Mínimos da Seção Mais Crítica dos Taludes Estudados.....	58
Quadro 5:1: Quantitativos de movimentação de terra do Aterro de Canindé de São Francisco	63
Quadro 6:1: Dados geométricos de bueiros tubulares.	73
Quadro 6:2: Estimativa do Balanço Hídrico.....	75
Quadro 6:3 – Memória de cálculo resumida do dimensionamento drenagem vertical de gases.	85
Quadro 6:4: Faixa granulométrica dos materiais da base do pavimento (DNER ES303/97).	94
Quadro 6:5: Faixas da composição granulométrica para mistura solo.....	95
Quadro 7:1: Vida útil de cada etapa do aterro.....	102
Quadro 8:1: Relação altura de montagem em função do fluxo luminoso.....	106
Quadro 9:1: Dimensionamento de mão-de-obra para operação do Aterro.	111
Quadro 10:1: Frequência de monitoramento na lagoa de evaporação	116
Quadro 10:2: Parâmetros e Frequência do Monitoramento Geotécnico.	121
Quadro 10:3: Parâmetros e Frequência do Monitoramento de Gases	123
Quadro 11:1: Medidas de proteção da cobertura vegetal.	125

1- INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta o projeto básico do Aterro Sanitário de Canindé de São Francisco, localizado no município de Canindé de São Francisco/SE. Este Projeto está inserido na proposta de solução para o problema de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos do município de Canindé de São Francisco e foi desenvolvido no âmbito do Contrato nº 007/2016, firmado entre a SETUR – Secretaria de Estado do Turismo e o Consórcio formado pelas empresas TPF - Engenharia e Consultoria Ltda. e Quanta Consultoria Ltda., tendo sua elaboração obedecida às diretrizes definidas no Termos de Referência do Contrato 007/2016.

O desenvolvimento do Projeto se fundamentou essencialmente em critérios de engenharia e normas específicas operacionais que poderão minimizar os impactos ambientais e sociais causados pela disposição inadequada dos resíduos nos referidos municípios, revertendo o quadro encontrado o lixão do município de Canindé do São Francisco.

A alternativa adotada para a destinação final dos resíduos será a implantação de um Aterro Sanitário, o qual atenderá a demanda de resíduo urbano da população do município de Canindé de São Francisco por um período mínimo de 20 anos.

Este projeto parte da premissa que além da necessidade de se elaborar um projeto de aterro sanitário para a destinação final dos resíduos, também é necessário a recuperação/remediação da área do lixão do município deste Projeto Executivo.

O modelo tecnológico proposto para o tratamento e destinação final dos resíduos do município de Canindé do São Francisco, contempla, além da unidade do aterro sanitário propriamente dito, também a construção de uma unidade de compostagem e uma unidade de triagem dos resíduos em área dentro do terreno do aterro sanitário, caracterizando esta unidade como uma unidade de tratamento de resíduos (CTR-Canindé). Porém, de forma conservadora e para garantir a disposição final de todos os resíduos coletados, o aterro sanitário será dimensionado para receber 100% dos resíduos gerados. Isto se faz necessário, uma vez que os municípios ainda não possuem nenhum sistema de coleta diferenciada, em especial a coleta de orgânicos e materiais recicláveis.

Este projeto contempla a unidade de aterro sanitário propriamente dito e suas unidades de apoio e infraestrutura.

O Aterro Sanitário de Canindé do São Francisco - SE será implantado em uma gleba com cerca de 34 hectares e terá inicialmente capacidade para tratar aproximadamente 30 toneladas de resíduo por dia, até absorver a produção gerada em 20 anos, correspondendo a um total de resíduos aterrados de aproximadamente 343.000 toneladas. O Aterro contará com todos os sistemas e instalações necessários à sua adequada operação e controle técnico e ambiental, envolvendo:

- Áreas específicas para disposição e tratamento de resíduos domiciliares e urbanos;
- Sistema de drenagem e tratamento de efluentes oriundos do processo de decomposição dos resíduos;
- Sistema de drenagem de águas pluviais;
- Sistema de drenagem de gases;
- Unidade de guarita, balança e bloco administrativo;
- Urbanização da área, vias de acesso principais e secundários e cercamento de toda extensão do empreendimento.
- Sistema de controle e preservação ambiental;
- Planejamento de utilização e encerramento do Aterro Sanitário da Canindé do São Francisco.

2 – MODELO TECNOLÓGICO DA DESTINAÇÃO FINAL



2. MODELO TECNOLÓGICO DA DESTINAÇÃO FINAL

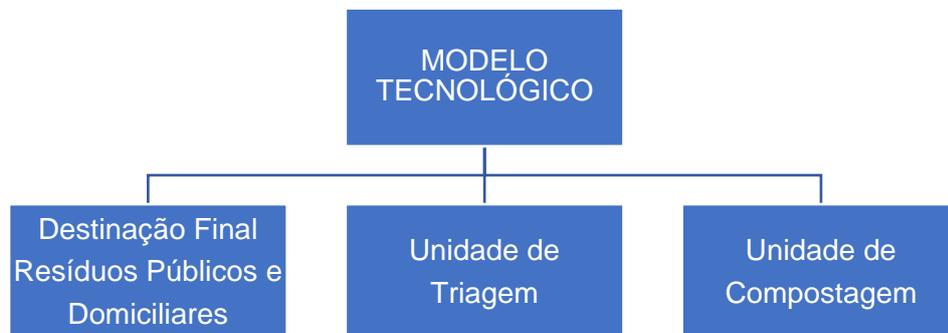
A nova concepção de destinação final a ser implementada em Canindé de São Francisco será em uma área localizada no município e está baseada nos mais avançados conceitos da sustentabilidade econômica, social e ambiental de sistemas integrados de destinação de resíduos sólidos urbanos.

Neste sentido, a área contará com unidades de tratamento e destinação final de vários tipos de resíduos urbanos (doméstico, urbano e futuramente os orgânicos), as quais serão geridas de forma integrada pela administração do aterro.

Este sistema integrado de destinação final dos resíduos sólidos prevê o tratamento e destinação final com capacidade de tratar desde 32,19 t./dia do resíduo urbano no primeiro ano, até absorver a produção gerada em 20 anos.

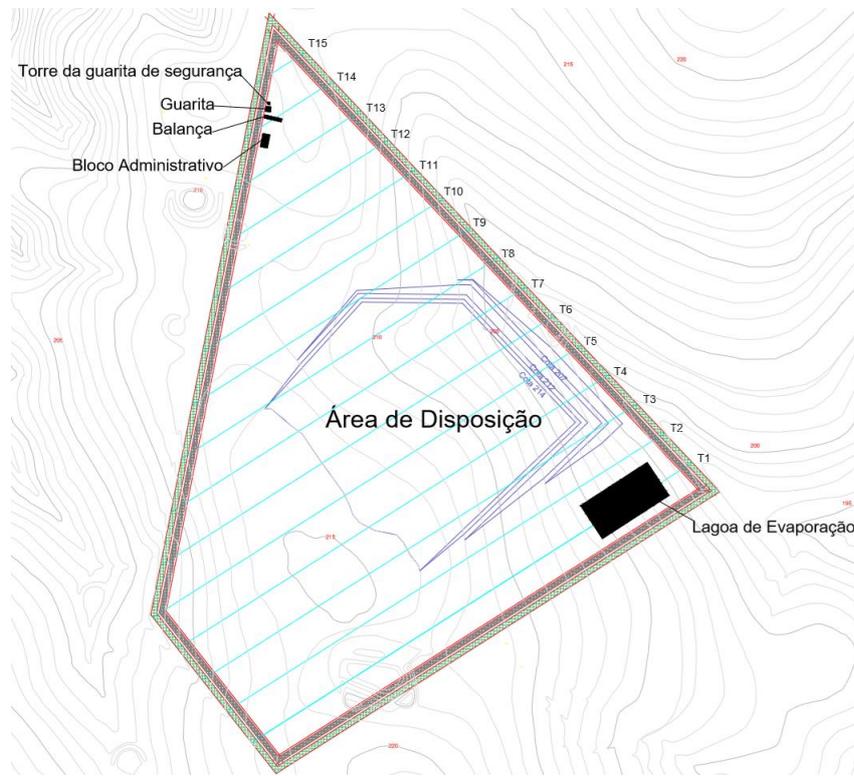
A Figura 2:1 apresenta o fluxograma do Modelo Tecnológico, com suas unidades de tratamento, adotado para a gestão Integral da destinação final dos resíduos sólidos no aterro sanitário de Canindé do São Francisco. Salienta-se que este projeto trata apenas do aterro sanitário propriamente dito.

Figura 2:1: Fluxograma do tratamento e destinação final dos resíduos sólidos.



A Figura 2:2 ilustra o layout preliminar das unidades previstas em Canindé de São Francisco as quais estão inseridas no novo modelo tecnológico de sistemas integrados e sustentáveis de destinação final de resíduos sólidos urbanos.

Figura 2:2: Localização das unidades do aterro sanitário de Canindé do São Francisco.



As unidades que compõem o sistema de tratamento/destinação final resíduos no Aterro Sanitário de Canindé de São Francisco são descritas nos itens abaixo.

2.1. UNIDADE DE DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS URBANOS

A unidade de destinação final dos resíduos domiciliares e públicos possui uma área de aproximadamente 34 hectares e será dimensionada para uma vida útil de 20 anos e receberá um volume total (resíduos + material de cobertura) de aproximadamente 443.500 m³ de resíduos. A ocupação da área pelos resíduos se dará em 4 fases, sendo a 1ª fase correspondente aos serviços iniciais, e as demais, referente a execução do aterro de resíduos propriamente dito. A fase 2 começa na cota 202 e segue até 207 (5m), A Fase 3 vai até 212 (5m) e por último, a Fase 4 irá até a cota 214 (2m). A declividade será de 1:2,5 (V:H). O volume de corte corresponde a aproximadamente 76.389,63 m³. O dimensionamento destas etapas foi baseado no princípio de maior reaproveitamento da área para obtenção de uma vida útil de 20 anos.

O preenchimento das células ocorrerá por sequência, onde a preparação de cada etapa deverá iniciar 2 meses antes do encerramento da etapa anterior.

O dimensionamento das etapas utilizadas para receber os resíduos domiciliares e públicos do aterro sanitário foi baseado no princípio de maior reaproveitamento da área para obtenção de uma vida útil de 20 anos.

Como dito anteriormente, a construção do aterro sanitário se dará em 4 etapas, a saber:

FASE I

Inicialmente, as unidades que deverão ser construídas para iniciar a operação do aterro sanitário, corresponde a toda a infraestrutura física e operacional necessária para sua implantação. Deverão ser realizadas as seguintes obras:

- Cercamento da área;
- Construção das vias de acesso;
- Instalação da balança de pesagem;
- Construção de guarita e escritório de administração;
- Construção dos elementos de drenagem e impermeabilização da Etapa 1 para recebimento dos resíduos domiciliares e públicos;
- Construção da estação de tratamento de lixiviado.

O tempo previsto de duração desta etapa será de 1 ano.

FASE II

Posteriormente a construção e instalação das unidades físicas e operacionais do aterro, bem como a 1ª etapa para recebimento dos resíduos terá início a FASE II, que corresponde a colocação dos resíduos da cota 202 a 207 e preparação da base (impermeabilização inferior e drenagem de líquidos e gases) da FASE III.

FASE III

A FASE III corresponde a colocação dos resíduos da cota 207 a 212 e preparação da base (impermeabilização inferior e drenagem de líquidos e gases) da FASE IV.

FASE IV

A FASE IV corresponde a colocação dos resíduos da cota 212 a 214 e construção da camada de cobertura final do aterro e sistema de drenagem pluvial definitivo.

A operação destas etapas será contínua e cada etapa só será iniciada após o término de operação da etapa anterior. O aterro será construído com o preenchimento das células e receberá um volume aproximado de 443.500 m³ durante toda a sua vida útil.

2.2. UNIDADE DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO

A região onde se localiza o aterro sanitário de Canindé do São Francisco, é uma região que apresenta déficit hídrico em todos os meses do ano. Assim, considerando este fato, porém como medida preventiva, a unidade de tratamento de lixiviado será formada basicamente por uma lagoa para tratamento e acumulação de lixiviados para os 04 meses mais chuvosos, que corresponde a uma vazão de 15,61 m³/dia, DBO efluente de 3.000 mg/l de e tempo de detenção de 365 dias.

2.3 UNIDADE DE TRIAGEM DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Os resíduos domésticos e comerciais passarão por um processo de triagem para separação e tratamento dos componentes recicláveis, a partir do qual serão destinados à indústria ou unidades de reciclagem. A definição das condições adequadas para implementação dessa atividade estará condicionada a capacitação dos funcionários da Cooperativa que trabalharão nesta unidade e será instalada dentro da Central de Tratamento de Resíduos (CTR-Canindé). Esta unidade foi projetada para triar 5% dos resíduos coletados. Este projeto não contempla esta unidade.

2.4 UNIDADES DE PODAS E COMPOSTAGEM

Os resíduos oriundos de podas de praças, vias e parques, além dos provenientes de feiras e mercados serão destinados a uma central de podas e posteriormente a uma unidade de compostagem. Esta unidade será localizada dentro da área do aterro sanitário. Para os primeiros 9 anos foi prevista uma unidade para compostar entre 1 a 9% dos resíduos orgânicos gerados, e a partir de 10 anos de operação da unidade esta unidade irá compostar 10% dos resíduos orgânicos coletados.

3 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS



3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS

As informações relativas a caracterização da área de disposição dos resíduos foram obtidas nos relatórios PRODUTO 2.A apresentado pelo Consórcio TPF/QUANTA como parte integrante dos serviços.

3.1. SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

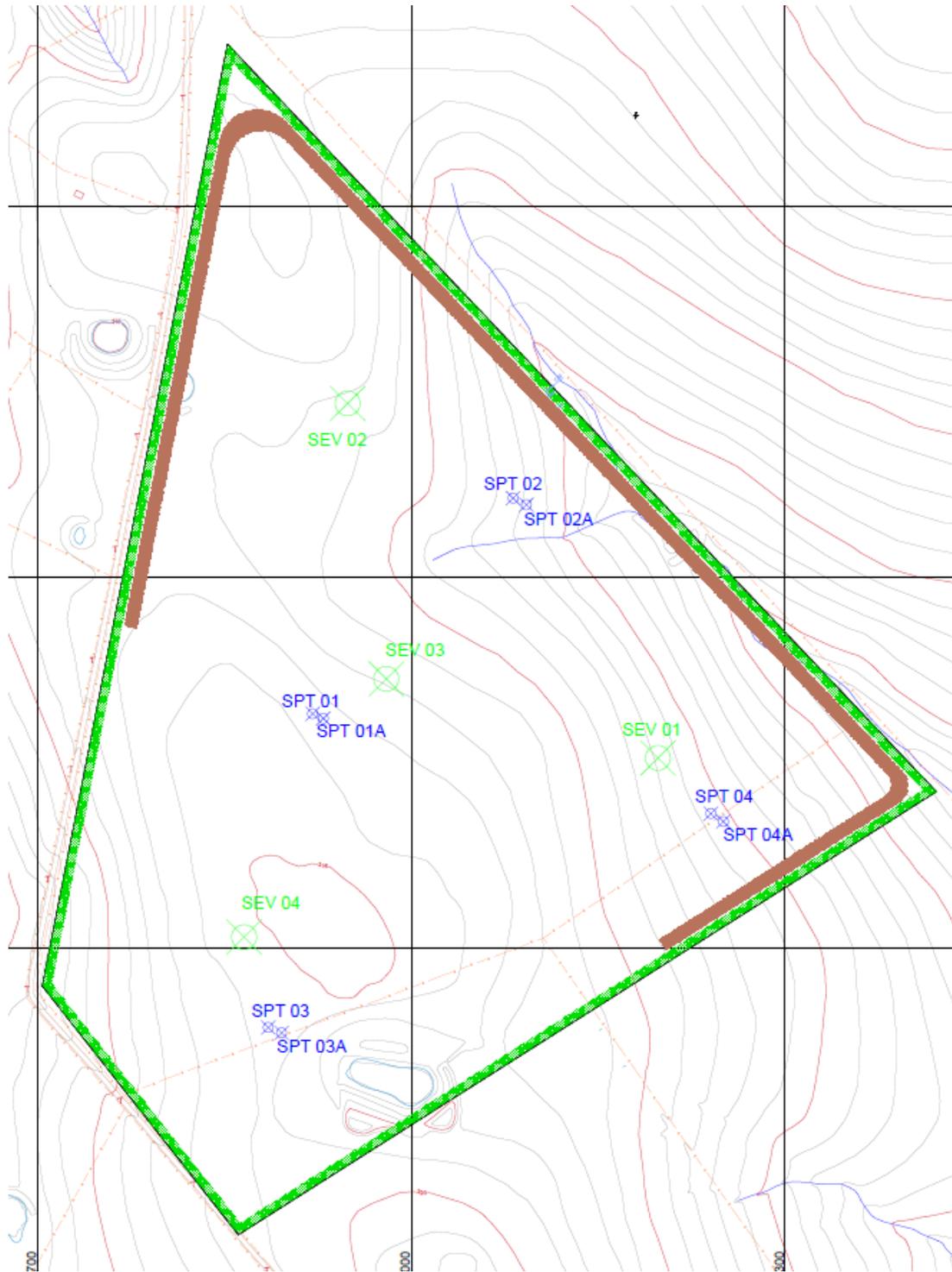
A área estudada para implantação do Aterro Sanitário de Canindé de São Francisco/SE está localizada a uma distância de 10 km da sede municipal, sendo seu acesso efetuado através da rodovia estadual implantada (SE-135) com boas condições de tráfego.

A área do empreendimento é de 34 hectares, apresentando grande parte do terreno desmatado, estando a cobertura vegetal restrita a arbustos esparsos, capeamentos gramíneo/herbáceos e áreas com solos desnudos (Produto 2.B Seleção de áreas, TPF/Quanta, 2017).

A Figura 3:1 apresenta a localização da Gleba selecionada para a implantação da Unidade de Tratamento de Resíduos, detalhando a localização da área, curvas de nível, rodovia estadual, rede hídrica, faixa de proteção dos recursos hídricos, assentamento rural e área requerida para DNPM.

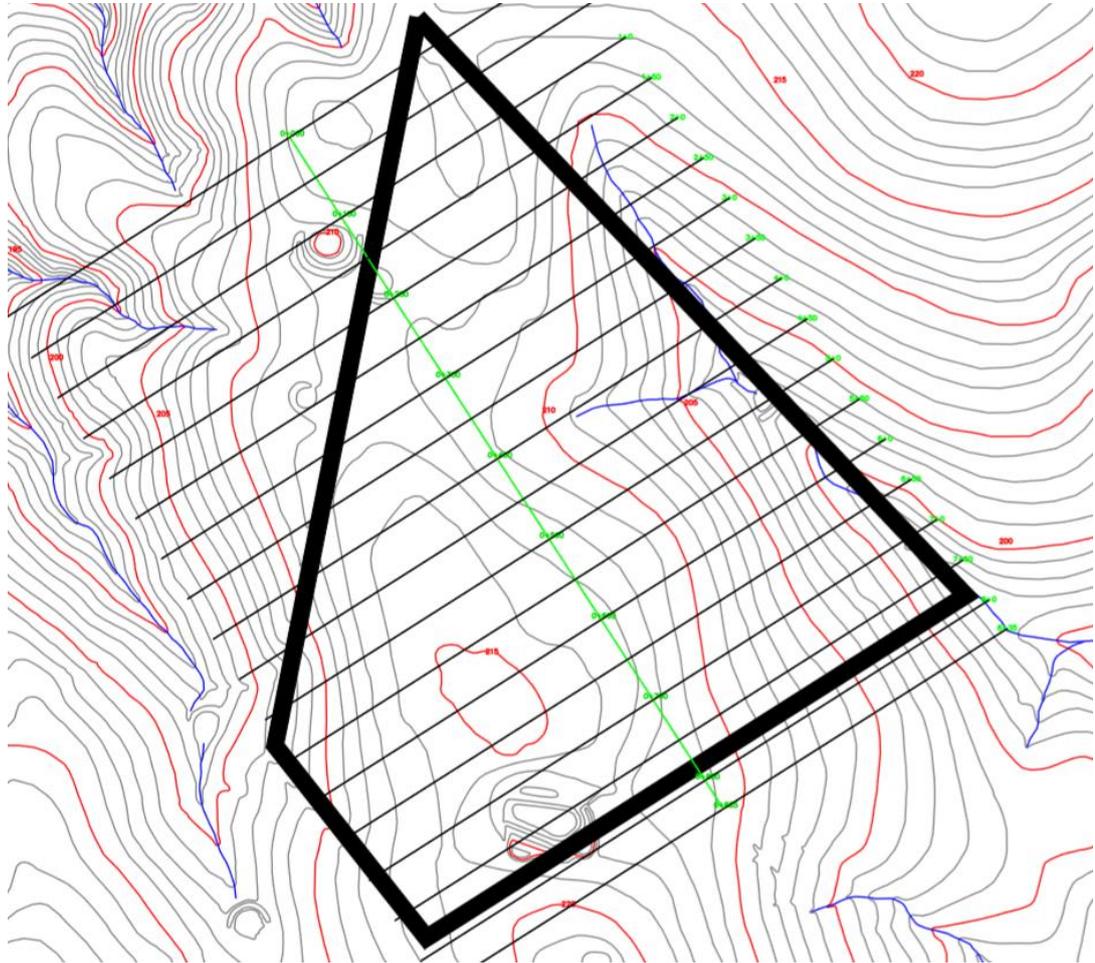
A Figura 3:2 apresenta a planta altimétrica do local do empreendimento, com destaques para os limites do terreno e para as curvas de nível do terreno da gleba (cotas variando de 205 a 215m) e a existência de córregos. A Figura 3:3 apresenta o registro fotográfico do terreno.

Figura 3:1: Município de Canindé de São Francisco – Localização da Gleba-03



Fonte: TPF/Quanta.

Figura 3:2: Limites e Topografia da área de disposição de Canindé de São Francisco



Fonte: TPF/Quanta, Visita de campo, 2017.

Figura 3:3: Registro fotográfico do Aterro Sanitário de Canindé de São Francisco.



Conforme o Relatório Produto 2.B-Seleção de áreas, referente a matriz de classificação das glebas do município de Canindé do São Francisco, a área selecionada se destaca como a mais apta para a implementação do aterro sanitário, tendo obtido uma pontuação máxima de 1.030 pontos. As melhores pontuações obtidas por esta gleba foram atribuídas aos seguintes itens:

- Proximidade de perímetro urbano maior que 3 km;
- Distância do aterro ao centro de massa menor que 10 km;
- Via de acesso pavimentada, plana ou sem rampas fortes;
- Relevo ondulado com baixas declividades;
- Condições climáticas favoráveis, com a direção dos ventos não afetando núcleos urbanos;
- Disponibilidade de solo para cobertura num raio de 10 km; e
- A área encontra-se atualmente sem uso.

3.2. CLIMA

Conforme apresentado no Relatório Produto 2.A: Diagnóstico dos Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Existentes, segundo a classificação de Köppen, o município de Canindé de São Francisco é BSh, que se caracteriza por ser um clima muito quente semiárido, tipo estepe, com estação chuvosa no inverno e com precipitações anuais que oscilam entre 380 e 760 mm e a temperatura média anual é superior a 18°C. Segundo o INMET não existe estação pluviométrica no município de Canindé do São Francisco. A estação mais próxima é do município de Paulo Afonso/BA e Poço Redondo/SE. Neste sentido, serão apresentadas as informações relativas à série histórica mensal da estação de Paulo Afonso/BA para o período de período de 1961 a 1990. As informações compreendem as médias mensais de: precipitação total (mm), evaporação total (mm), temperaturas máxima, mínima e médias (°C), insolação, umidade relativa do ar (%) e nebulosidade (0-10), conforme apresentado no Quadro 1. Os dados referentes a precipitação e evaporação anuais da estação de Poço Redondo (série histórica de 1961 à 2008) foi obtida também no site do INMET (ferramenta de apoio ao projeto de aterros sanitários de pequeno porte, para acesso a banco de dados climatológicos, com estimativas de excedente hídrico) para uma série histórica de 1961 até 2008 apresentados nas Figura 3:4 e Figura 3:5, referente as informações de Precipitação e evaporação anuais e o déficit hídrico para o mesmo período, respectivamente, para a estação de Poço 24

Redondo/SE. Comparando os dados das 2 estações apresentadas, foi definido que para dimensionamento dos elementos de projeto, utilizaremos os dados série histórica mensal da estação de Paulo Afonso/BA. Os quadros e figuras seguintes apresentam dados dos climas da região.



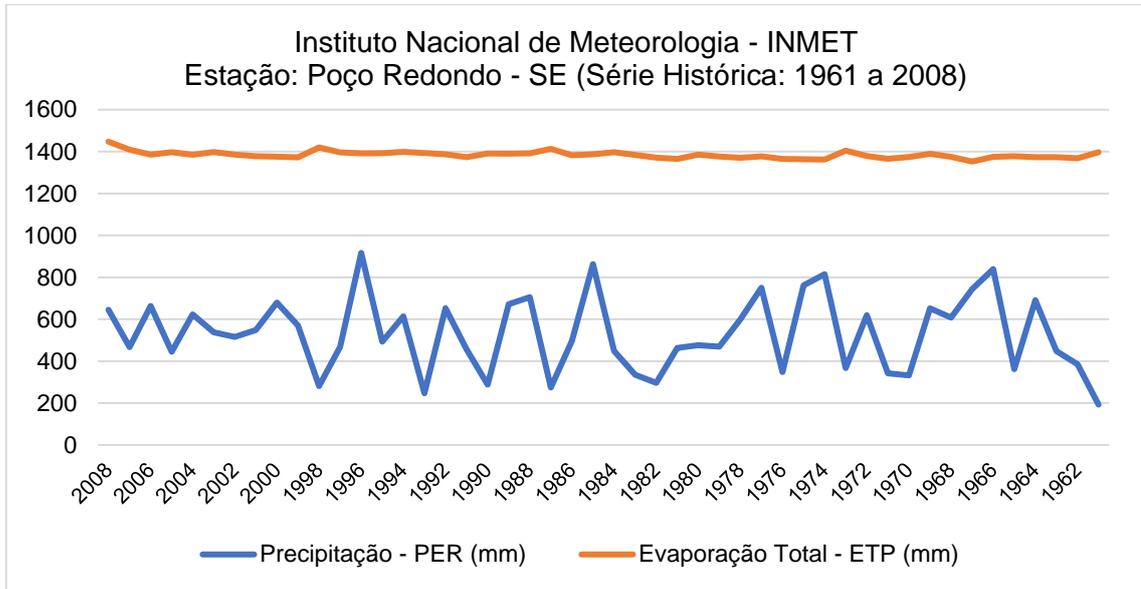
O Quadro 3:1 apresenta os dados climatológicos da estação de Paulo Afonso para o período de período de 1961 a 1990.

Quadro 3:1: Parâmetros Climáticos da estação de Paulo Afonso Série 1961-1990

Parâmetros /Estações Climatológicas	Meses												Ano
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Precipitação Total (mm)													
Paulo Afonso/BA	61,3	54,8	92,9	81,3	55	61,3	52,8	25,4	18,1	15,3	17,8	46,8	582,9
Evaporação Total (mm)													
Paulo Afonso/BA	276	224,9	215,5	176	159	130	140	193,5	243,3	302,1	309	279,4	2.648,90
Temperatura Máxima (°C)													
Paulo Afonso/BA	34,1	33,3	33,2	30,9	29,2	28,6	28,1	29,5	31,3	33,5	34,6	34,3	31,7
Temperatura Média (°C)													
Paulo Afonso/BA	27,4	27,2	27,1	25,5	24,2	23,6	23	23,5	24,9	26,4	27,7	27,3	25,6
Temperatura Mínima (°C)													
Paulo Afonso/BA	22,1	22,2	22,4	22,1	21,1	19,9	19	19	20	20,9	22	22,1	22,4
Umidade Relativa (%)													
Paulo Afonso/BA	62,7	64,2	66,9	71,4	75,4	78,1	75,7	71,4	65,7	59,9	58,3	59,7	67,5
Insolação Total (horas)													
Paulo Afonso/BA	260,1	227,8	228,6	213	194,5	171,2	181	212,6	226	274	271,8	249,6	2.710,40
Nebulosidade (0-10)													
Paulo Afonso/BA	5,3	5,7	6	6,1	6,3	6,2	6,3	5,7	5,3	4,5	4,7	5,1	5,6

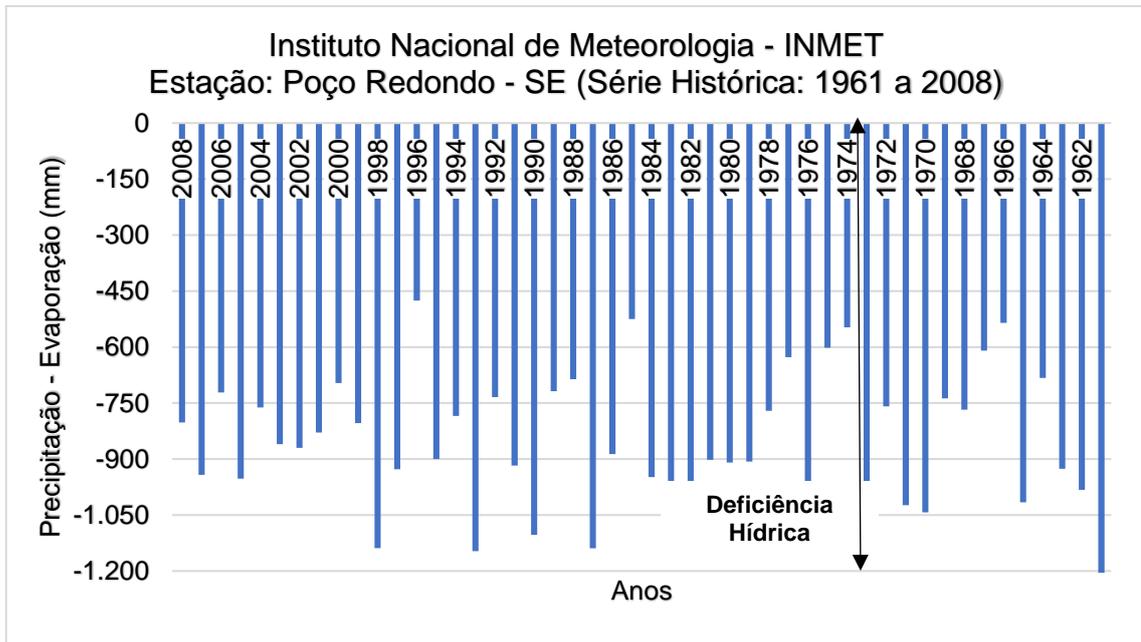
Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 1990). Brasília, INMET, 1992.

Figura 3:4: Município de Poço Redondo/SE – Precipitação e Evaporação total



Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 2008). Brasília, INMET, 1992.

Figura 3:5: Município de Poço Redondo/SE – Deficit Hídrico



Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 - 2008). Brasília, INMET, 1992.

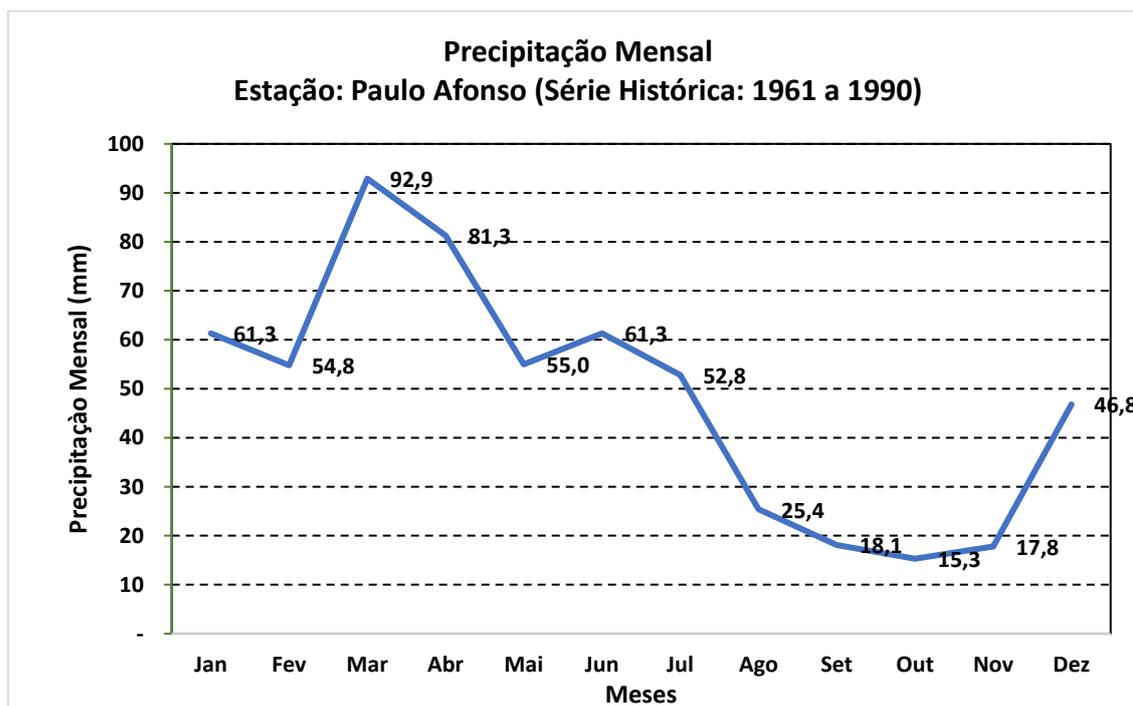
3.2.1 Pluviometria

Devido não se contar com estação climatológica representativa deste tipo de clima posicionada próximo ao município de Canindé de São Francisco serão aqui apresentados apenas os dados da série histórica de pluviometria (1990-2010) para Paulo Afonso.

O período mais chuvoso compreende aos períodos de janeiro a junho, que corresponde a 69,75% da precipitação anual. A pluviometria média anual atinge valores próximos a 582,80mm em Canindé de São Francisco, podendo-se constatar desvios acentuados em torno desta média, em decorrência da distribuição irregular das chuvas. Observa-se no período de julho a novembro uma queda progressiva das precipitações, que chegam a atingir valores bem baixos, com outubro o mês mais seco na região de Canindé de São Francisco, apresentando uma média de apenas 15,3mm. (Produto 2.A: Diagnóstico dos Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Existentes, 2017).

A Figura 3:6 apresneta a série histórica da pluviometria da estação pluviométrica de Paulo Afonso para o período de 1961 a 1990.

Figura 0:1: Precipitação Mensal – Estação Paulo Afonso / BA – Séries Históricas



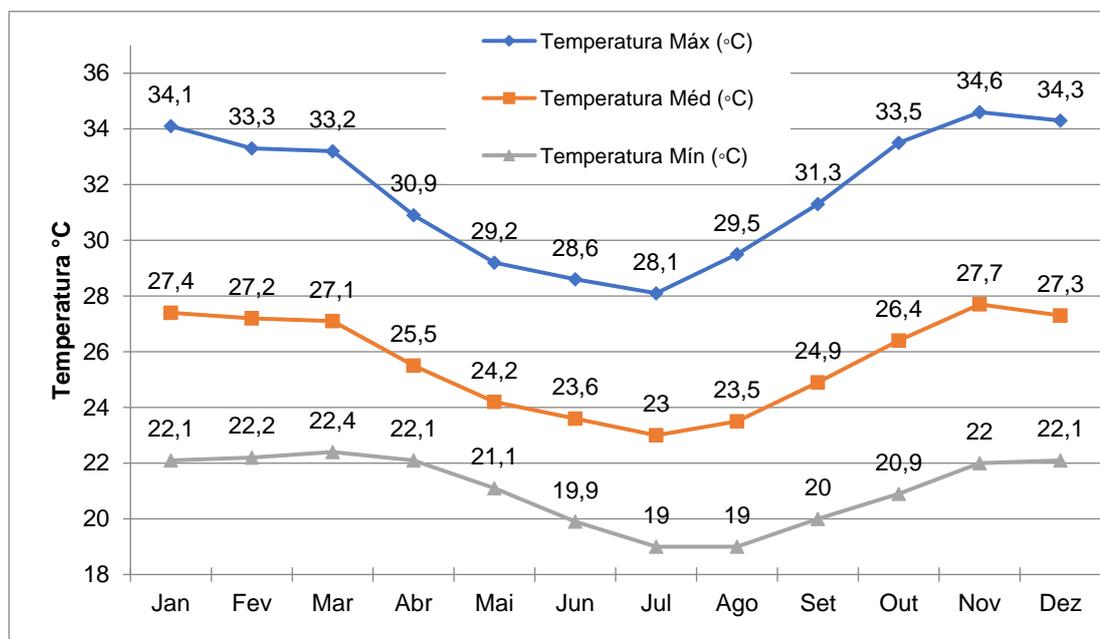
Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 1990). Brasília, INMET, 1992.

3.2.2 Temperatura Média

Nos sertões de Canindé de São Francisco a temperatura média anual oscila entre 23,0°C e 27,7°C. Os meses de novembro a março apresentam as mais altas temperaturas do ano, enquanto as menores temperaturas são registradas nos meses de junho a agosto. A média das máximas é de 31,7°C e a média das mínimas é de 22,4°C. A Figura 3:7

apresenta a variação de precipitação e temperatura média anual do município de Paulo Afonso/BA para o período de 1961 a 1990.

Figura 0:1: Temperaturas Mensais Médias, Máximas e Mínimas – Estação Paulo Afonso – BA

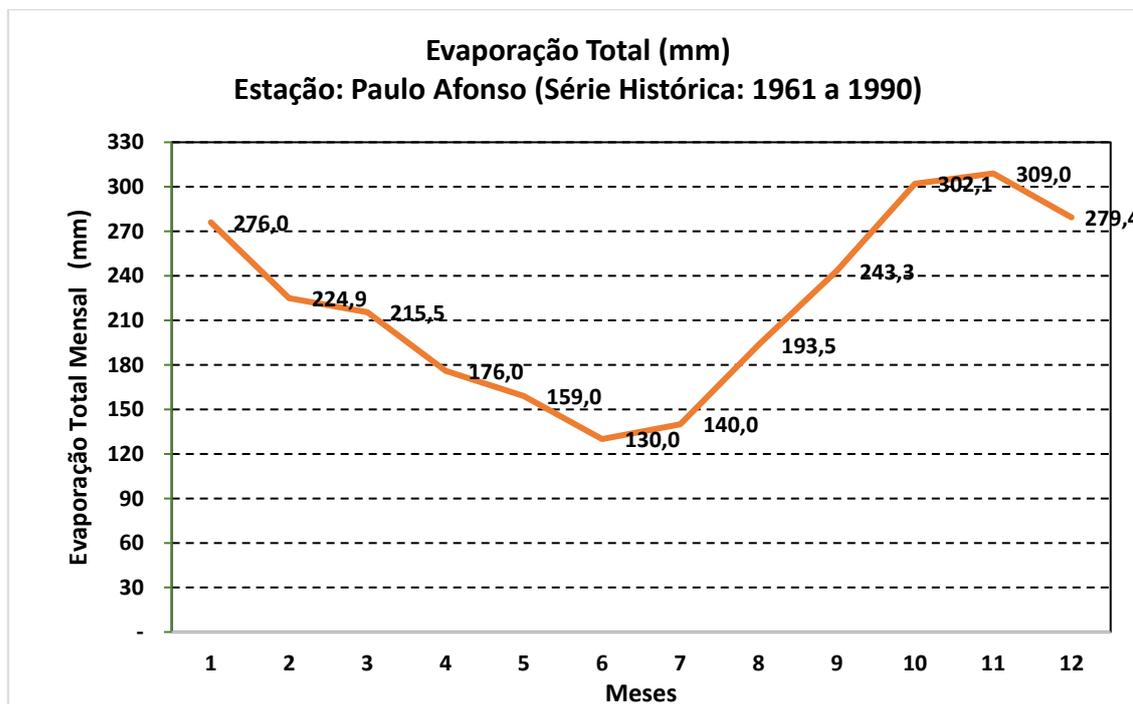


Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 1990). Brasília, INMET, 1992.

3.2.3 Evaporação

Em Canindé de São Francisco a evaporação média anual atinge 2.648,9 mm, com o período de estiagem (julho/dezembro) respondendo por 55,39% do total anual, apresentando no mês de maior evaporação, taxa média em torno de 10,3mm/dia. Nos meses chuvosos, essa taxa cai para 4,3 mm/dia, sendo que o trimestre maio/julho responde por apenas 16,19% da evaporação anual. A Figura 3:8 apresenta a variação da evaporação total mensal para o período de 1961 a 1990

Figura 0:1: Evaporação Total Mensal de Aracaju – Série 1961/1990.



Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 1990). Brasília, INMET, 1992.

3.2.4 Balanço Hídrico Simplificado

Para o cálculo do balanço hídrico foram consideradas as Series Históricas de Paulo Afonso (período de 1961 a 1990 – 31 anos). O Quadro 3:2 apresenta os dados de temperatura média anual (°C), precipitação e evaporação e a Figura 3:9 e Figura 3:10 apresentam as precipitações e evaporações, e o balanço hídrico simplificado da Estação de Paulo Afonso para o Período de 1961 a 1990.

O quadrimestre mais seco do ano é agosto / setembro / outubro / novembro, enquanto o mais úmido é abril / maio / junho / julho, ficando a precipitação média anual em torno de 582,80 mm.

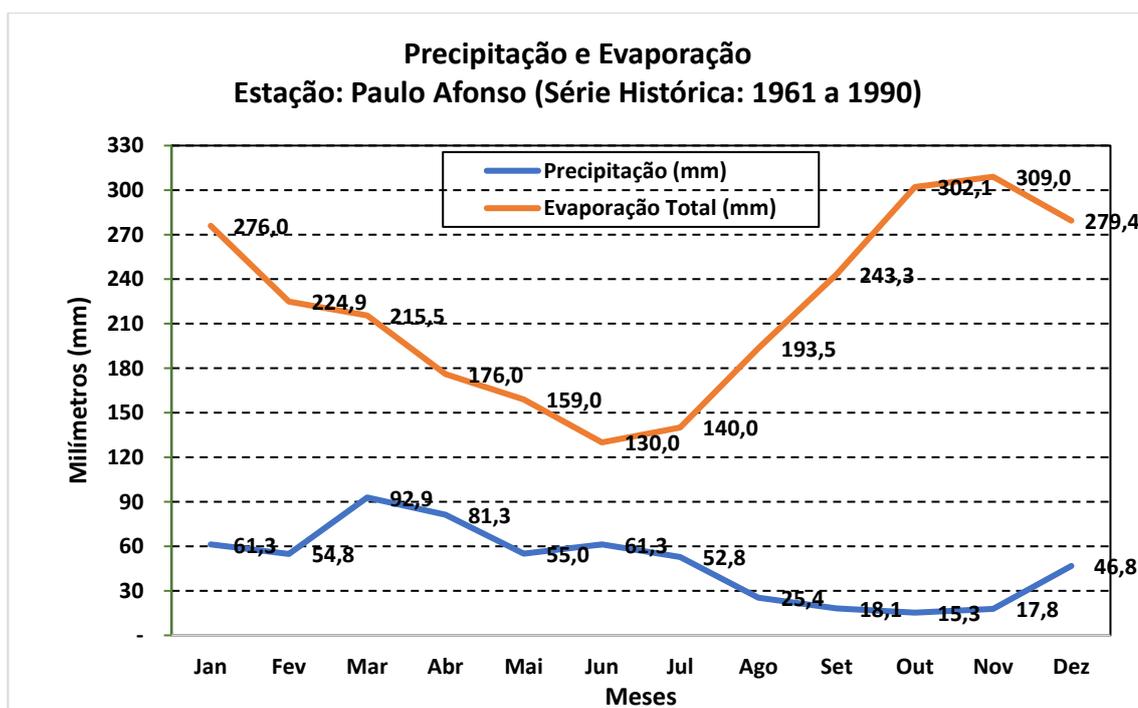
O balanço hídrico foi calculado de forma simplificada, considerando apenas a diferença entre a precipitação e a evaporação total. Para um total anual de precipitação de 582,80 mm foram obtidos valores de 2.648,70 mm de evapotranspiração total, isto indica que no município em que se acha inserido o empreendimento há déficit hídrico em todas as épocas do ano. As Figuras 3.9 e 3.10 mostram a precipitação, evaporação e o balanço hídrico da estação de Paulo Afonso-BA.

**Quadro 0:1 – Balanço Hídrico simplificado da estação de Paulo Afonso Série
1961-1990**

Mês	Temperatura Média Mensal (°C)	Precipitação (PER) (mm)	Evaporação Total - ETP (mm)	P-ETP (mm)
Jan	27,40	61,30	276,00	214,70
Fev	27,20	54,80	224,90	170,10
Mar	27,10	92,90	215,50	122,60
Abr	25,50	81,30	176,00	94,70
Mai	24,20	55,00	159,00	104,00
Jun	23,60	61,30	130,00	68,70
Jul	23,00	52,80	140,00	87,20
Ago	23,50	25,40	193,50	168,10
Set	24,90	18,10	243,30	225,20
Out	26,40	15,30	302,10	286,80
Nov	27,70	17,80	309,00	291,20
Dez	27,30	46,80	279,40	232,60
Soma	25,60	582,80	2.648,70	2.065,90

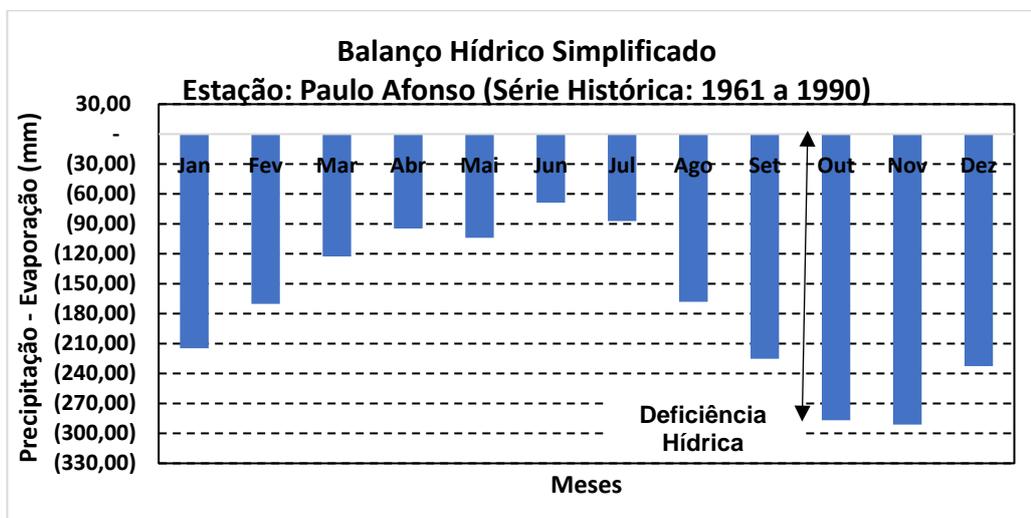
Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 1990). Brasília, INMET, 1992.

Figura 0:1: Precipitação e Evaporação – Estação Paulo Afonso / BA – Séries Históricas.



Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 1990). Brasília, INMET, 1992.

Figura 0:2: Balanço Hídrico Simplificado – Estação Paulo Afonso / BA – Séries Históricas



Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 1990). Brasília, INMET, 1992.

3.2.5 Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa média anual para uma série de dados compreendida entre 1961 e 1990, é de 67,5% para o município de Canindé de São Francisco, onde esta atinge seus maiores valores no trimestre mais úmido (maio/julho), quando ultrapassa 78,0%. Já no período de estiagem, as taxas decrescem, atingindo valores em torno de 58,0%, de outubro a dezembro.

3.2.6 Ventos

O município de Canindé de São Francisco apresenta regime de ventos predominantes na direção Sudeste para Noroeste (SE-NO). Com velocidade média anual na faixa de 5,0 a 5,5 m/s.

3.2.7 Insolação

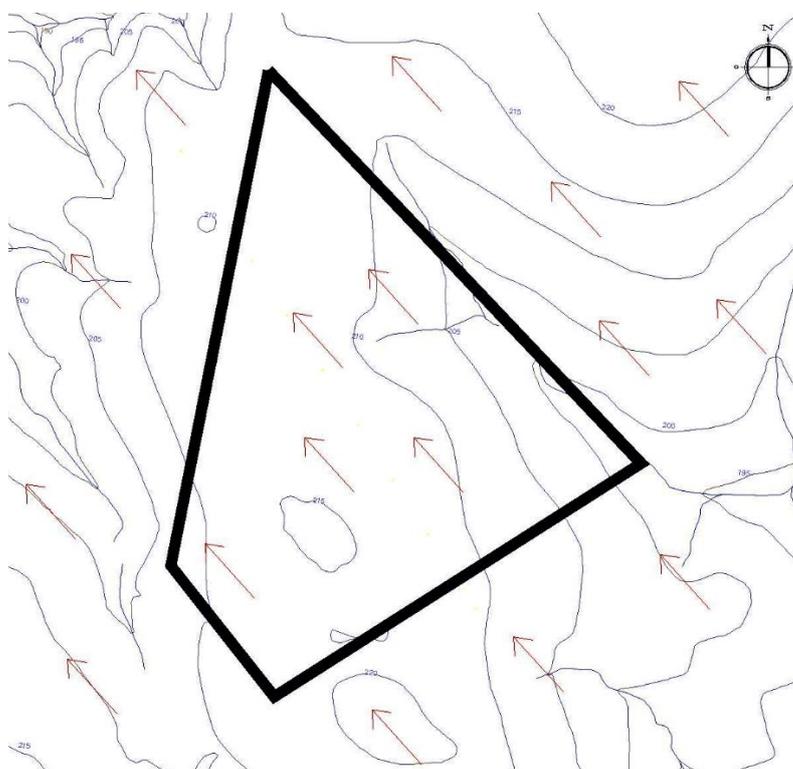
A insolação média anual é da ordem de 2.710,4 horas, o que corresponderia, em tese, a aproximadamente 61,88% dos dias do ano com luz solar direta. O trimestre de maior insolação é o de outubro/dezembro e o de menor insolação é o de maio/julho.

3.3. GEOMORFOLOGIA

Quanto ao relevo, observa-se no município de Canindé de São Francisco o domínio da superfície pediplanada e dissecada do Pediplano Sertanejo Sertaneja, com colinas e aprofundamento de drenagem muito fraco. Apresenta altitudes que não ultrapassam os 530m, destacando-se na paisagem morfológica relevos residuais (tipo inselberg), além de amplas colinas rebaixadas, principalmente pelas condições climáticas pretéritas, com pequenas variações altimétricas, demonstrando predomínio de relevo de baixa topografia. Os perfis das vertentes abrangem formas suavemente convexas, côncavo-convexas e retilíneas. Os vales são rasos, largos, de fundo plano, limitados por encostas de fraco declive. A Figura 3:11 apresenta o mapa planialtimétrico e de direção dos ventos da área do aterro sanitário de Canindé de São Francisco.

A área escolhida para a locação do empreendimento topograficamente tem cotas altimétricas que vão dos 202 a 215 m, apresenta a maior parte da sua área enquadrada como plana a suave ondulada com declividades abaixo de 8,0%, sendo observadas apenas áreas esparsas com topografia ondulada (8,0 a 20,0%).

Figura 0:1: Mapa Planialtimétrico e direção dos ventos – Canindé de São Francisco



3.4. GEOLOGIA E GEOTECNIA

3.4.1 Geologia

Canindé de São Francisco tem mais de 90,0% do seu território englobado no domínio neo a mesoproterozóico da Faixa de Dobramentos Sergipana. Neste domínio, as litologias predominantes incluem granitóides, gabros, gnaisses, migmatitos, anfibolitos, xistos, metamafitos/ultramafitos, quartzitos, filitos, mármore e metaconglomerados. Em pequenas faixas nos extremos NW, W e SW, afloram sedimentos paleozóicos da Bacia do Tucano Norte, relacionados às formações Curitiba (arenitos, folhelhos, calcários e diamictitos), Santa Brígida (arenitos, folhelhos, carbonatos e silexitos) e Tacaratu (arenitos finos a conglomeráticos e conglomerados).

Num raio de 20,0km no entorno da cidade de Canindé de São Francisco, principal centro gerador de coleta deste município, observa-se o predomínio de rochas do embasamento cristalino de litologias diversificadas, dentre as quais se destacam Granitóides Indiscriminados, Complexo Gnáissico-Migmatítico, Complexo Canindé, Suíte Intrusiva Canindé, Suíte Intrusiva Shoshonítica Salgueiro/Terra Nova, Suíte Intrusiva Itaporanga e Suíte Intrusiva Peraluminosa Garrote-Serra Negra, entre outras. Na área onde será construído o empreendimento do aterro tem-se a predominância do Complexo Canindé.

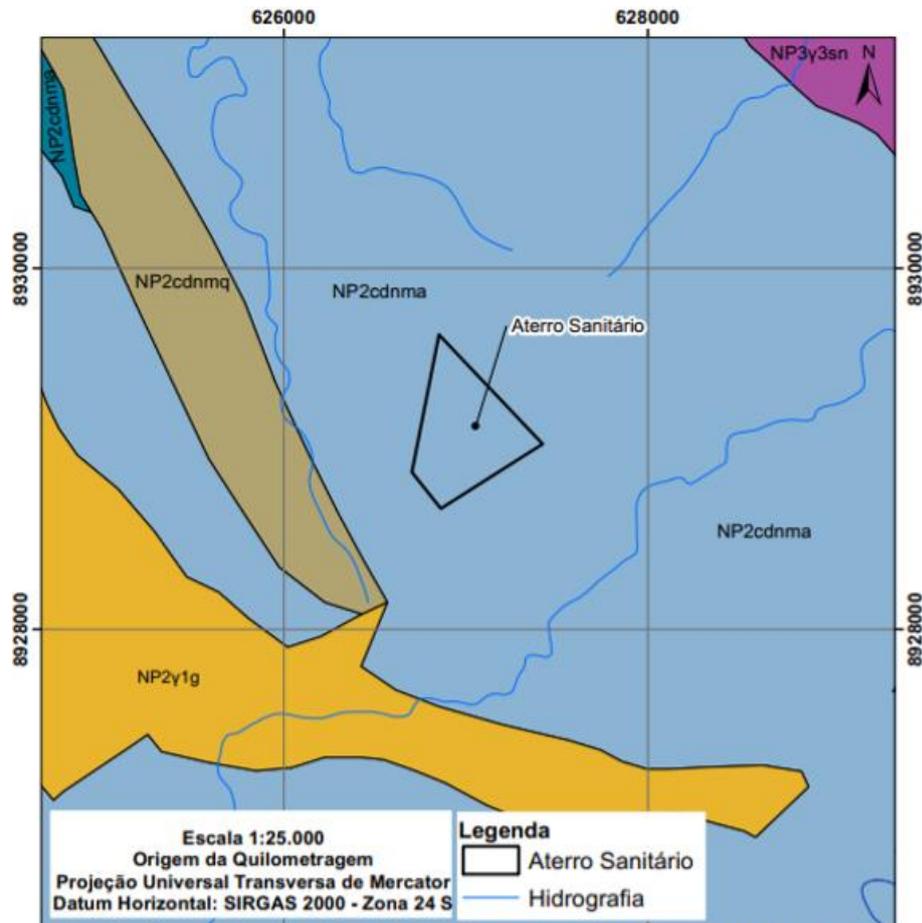
- Complexo Canindé

O Complexo Canindé congrega um conjunto de rochas metavulcânicas e metassedimentares, descritas inicialmente por Silva Filho et al. (1977), e interpretadas como a suíte ofiolítica da então denominada Geossinclinal Sergipana. Esta suíte englobaria também o corpo gabróico de Canindé. Os contatos do Complexo Canindé, tanto internos como externos, são geralmente tectônicos. Detalhando o Complexo Canindé, nota-se que a área em estudo se encontra inserida especificamente na Unidade Novo Gosto – Mulungu, caracterizada por anfibolitos (metabasaltos) predominantes, metarritmitos finos, metavulcânicas félsicas, localmente porfíricas, metatufos, metaultramáficas, rochas calcissilicáticas, filitos grafitosos e micaxistos, podendo ocorrer ainda intercalações de sheets de granitóides milonitizados. Além desses litotipos, essa unidade destaca-se por apresentar ainda inclusões de mármore e quartzitos.

- Litologia da área

Segundo o Relatório Prospecção geofísica aplicada a geologia, no mapeamento geológico realizado na área de estudo foi possível caracterizar a rocha predominante como os anfibolitos da Unidade Novo Gosto - Mulungu. Os sedimentos presentes na superfície do terreno fazem-se compostos por areia e argila. A Figura 3:12 apresenta o mapa geológico do aterro sanitário de Canindé de São Francisco.

Figura 0:2: Mapa Geológico da área em estudo



MAPA GEOLÓGICO - ATERRO SANITÁRIO DE CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Faixa de Dobramentos Sergipana

EDIACARANO (635 a 542 Ma)

Suíte Intrusiva Sítios Novos

NP3ysn Biotita-granodioritos /monzonitos, predominantemente equigranulares. Autólitos máficos raros. Granitoide magnesiano, com tipos calcioalcalinos e alcalinos.

CRIOGENIANO (850 a 635 Ma)

Suíte Intrusiva Garrote

NP2y1g Ortognaisses graníticos finos a grossos/porfiroclásticos miloníticos. Magnesianos, alcalinos, metaluminosos.

Complexo Canindé

Unidade Novo Gosto - Mulungu

NP2cdnma Anfibolitos (metabasaltos) predominantes, metatrititos finos, metavulcânicas félsicas, localmente porfíricas, metatufos, metaultramáficas, rochas calcissilicáticas, filitos grafitosos e mica-xistos. Intercalações de sheets de granitóides milonitizados.

NP2cdnmes Mármoreos.

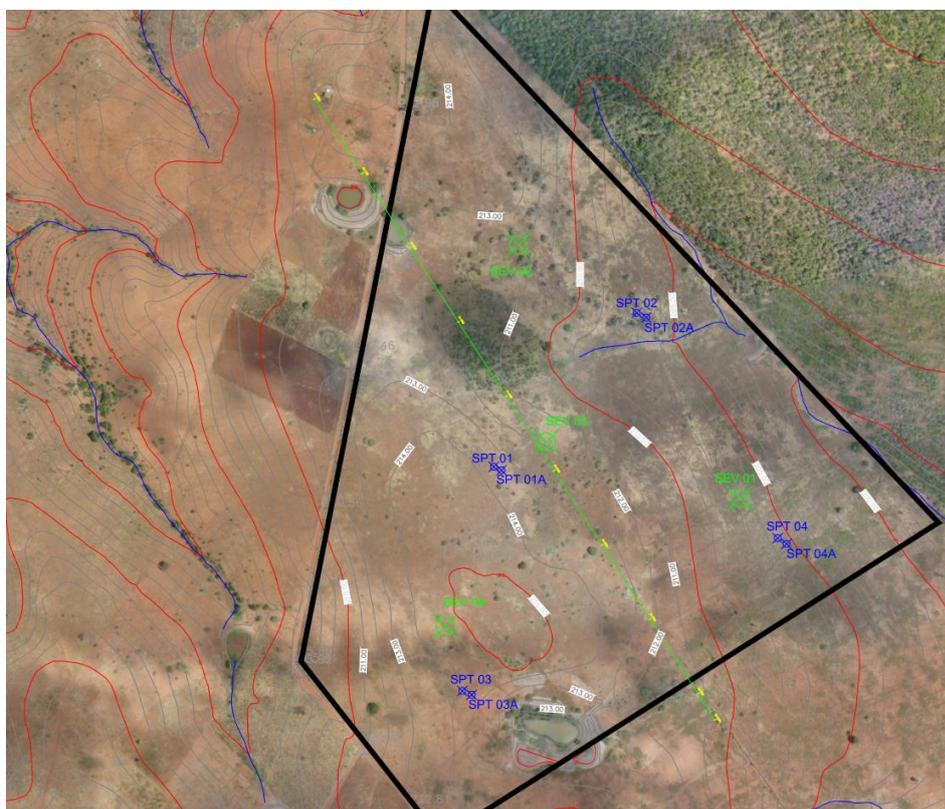
NP2cdnmq Quartzitos e ou metacherts.

Fonte: Local: área para instalação do aterro sanitário do Município de Canindé do São Francisco, 2019. (DAFA Consultoria, Geologia & Mineração)

3.4.2 Geotecnia

Para a análise geotécnica, foram realizados em abril de 2019, 8 furos de Sondagem à Percussão de Simples Reconhecimento, com circulação de água, adotando a metodologia de teste *standard* de penetração (SPT), com diâmetro de 2". Para cada metro sondado foi determinado o índice de resistência à penetração (número de golpes para a penetração de 30 cm no solo), além de observada a posição do nível da água e feita a classificação dos solos por observação tátil visual. Em dois furos de sondagem (SP-2 e SP-4), localizados nas cotas mais baixas da área, foram realizados ensaios de permeabilidade in situ no furo de sondagem. As fichas descritivas dessas sondagens constam do Anexo I. Também foram realizadas 4 sondagens elétricas verticais – SEVs, com objetivo de caracterização e classificação geotécnica (espessura de solo, altura do lençol freático, grau de compactação, entre outros) em diferentes pontos da área. Os produtos gerados pelas sondagens elétricas, serão gráficos de resistividade modelada de cada SEVs e perfil geoeletrico, e constam no Anexo II. A Figura 3:13 apresenta a localização dos furos de Sondagens SPT e SEVs.

Figura 0:3: Localização das sondagens SPT e SEVs – Canindé de São Francisco



3.4.2.1 Sondagens Tipo SPT

A espessura máxima detectada para os solos foi de 2,43 m formado de areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarelo. Após esta profundidade a sondagem foi encerrada, pois foi caracterizado como impenetrável ao trépano. Nestes furos de sondagem também não foi detectado presença de nível d'água.

Pela análise das sondagens executadas no local (Anexo I), não se visualiza a possibilidade de utilização dos solos locais como material de cobertura dos resíduos e de impermeabilização de base do aterro devido a sua alta permeabilidade.

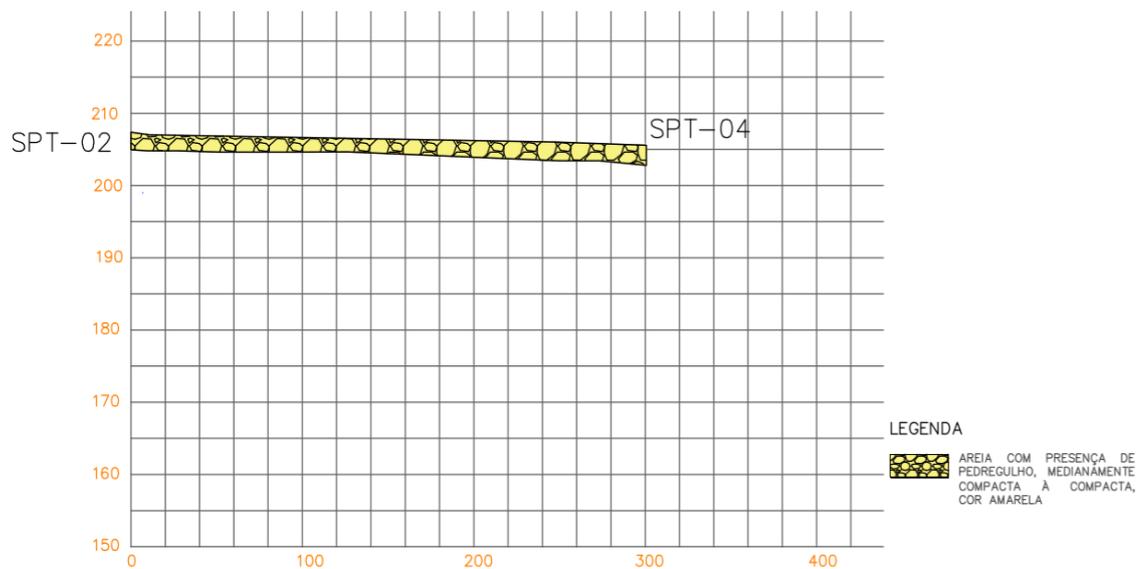
O Quadro 3:3 apresenta as profundidades das sondagens realizadas, a cota da boca do furo e a existência e profundidade do nível d'água.

Quadro 0:1: Profundidade das sondagens

Sondagem	Profundidade (m)	Cota da Boca do Furo (m)	Profundidade do Nível d'água (m)	Descrição
SP 02	2,43	207,37	Não Detectado	0,00 a 2,43 - Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarela. 2,43 – Impenetrável ao trépano
SP 02 ^a	2,43	213,49	Não Detectado	0,00 a 2,43 - Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarela. 2,43 – Impenetrável ao trépano
SP-03	2,44	214,07	Não Detectado	0,00 a 2,44 - Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarelo escuro. 2,44 – Impenetrável ao trépano
SP-03 ^a	2,43	214,05	Não Detectado	0,00 a 2,43 - Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarela. 2,43 – Impenetrável ao trépano
SP-04	2,45	205,55	Não Detectado	0,00 a 2,45 - Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarelo escuro. 2,45 – Impenetrável ao trépano
SP-04 ^a	2,43	204,45	Não Detectado	0,00 a 2,43 - Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarela. 2,43 – Impenetrável ao trépano

As Figuras 3:14 e 3:15 apresentam o perfil de sondagem SPT da área.

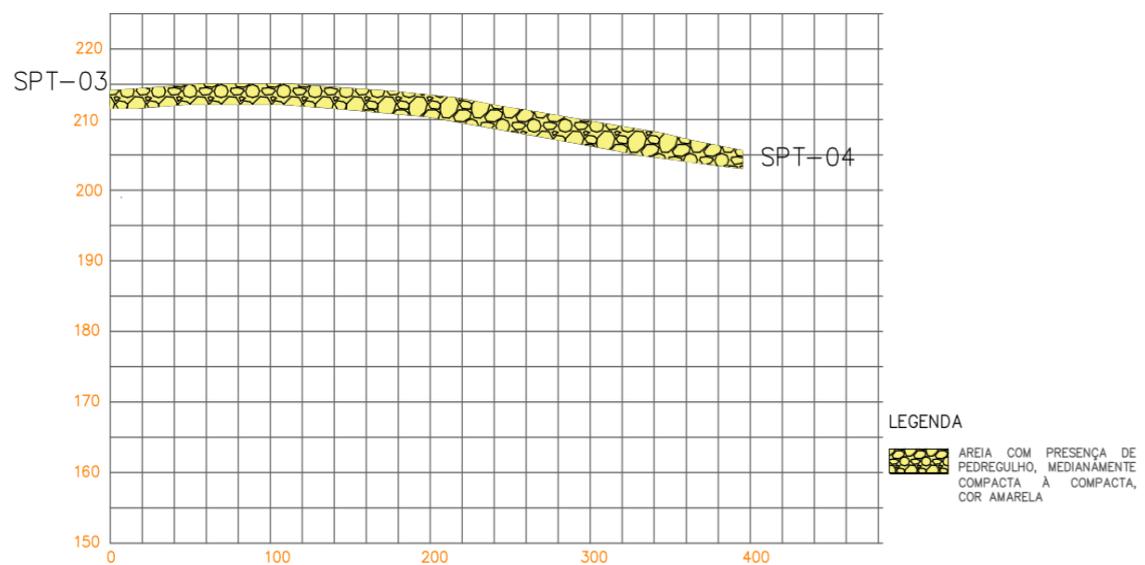
Figura 0:4: Perfil de Sondagem – SP-02 e SP-04



PERFIL GERADO PELOS SPT-02/SPT-04 – CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO

Encontrou-se o impenetrável ao trépano no SPT-02 a 2,43 metros.
Encontrou-se o impenetrável ao trépano no SPT-04 a 2,45 metros.

Figura 0:5: Perfil de Sondagem – SP-03 e SP-04



PERFIL GERADO PELOS SPT-03/SPT-04 – CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO

Encontrou-se o impenetrável ao trépano no SPT-03 a 2,44 metros.
Encontrou-se o impenetrável ao trépano no SPT-04 a 2,45 metros.

Observa-se que para todos os furos de sondagens realizados, existe inicialmente uma camada de areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarela ou amarela escura, com profundidade aproximada de 2,45 m. Após esta camada de solo arenoso, todas as sondagens foram finalizadas, pois ocorreu a

impenetrabilidade do trépano. Também não foi observado nível d'água nesses furos de sondagens.

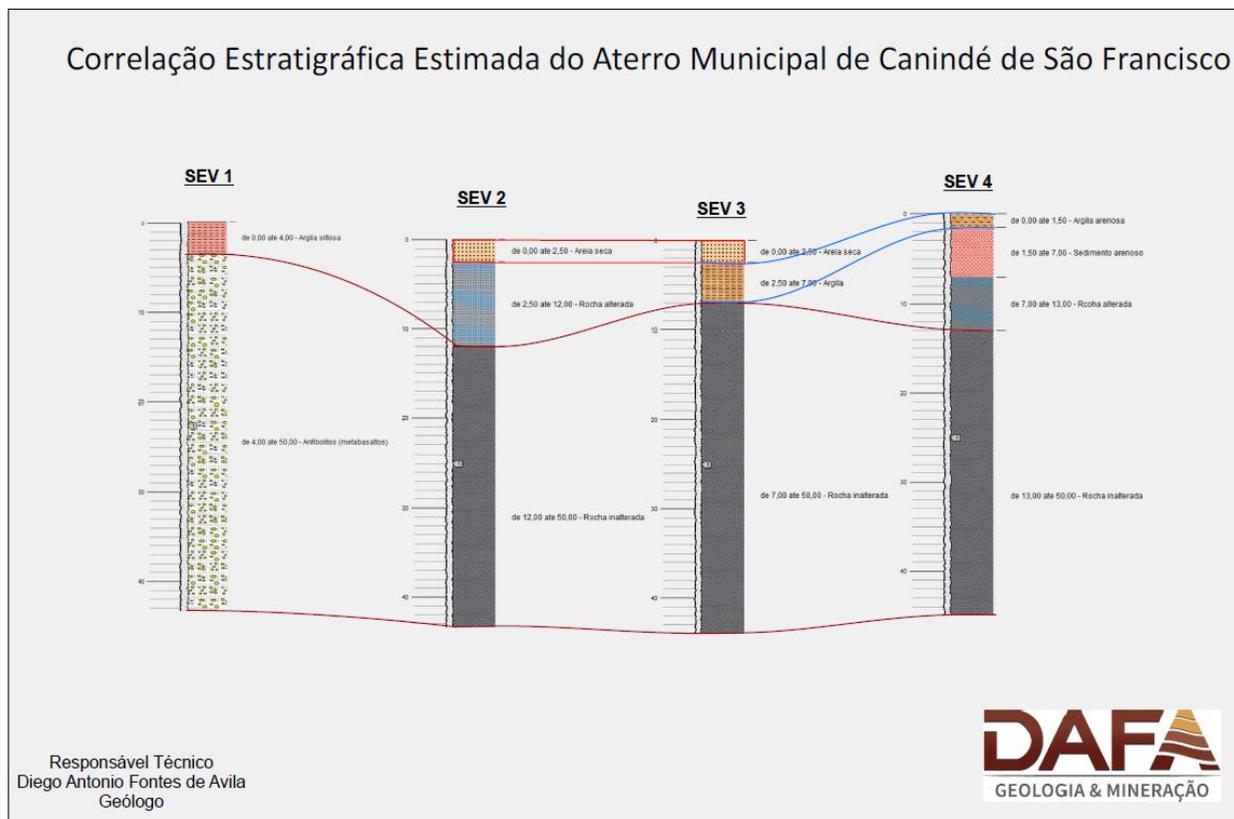
Também foram executados ensaios de permeabilidade dos furos de sondagem SPT-02 e SPT-04, que apresentaram uma permeabilidade da ordem de $4,08 \times 10^{-5}$ cm/s.

Observa-se que nesta área não existe solo de granulação fina para a utilização como material de impermeabilização de fundo e camada de cobertura.

3.4.2.2 Sondagens Geofísica - SEVs

Foram realizadas 4 SEVs com objetivo de caracterizar o nível do lençol e topo rochoso na área projetada para instalação do empreendimento, conforme mapa de localização apresentado na Figura acima e com perfis detalhados no Anexo II. Conforme relatório geofísico, como característico da litologia da região, as camadas de solo (aquífero primário) é raso, com profundidade variando de 2 a 9 metros. Os perfis geoeletricos das 4 SEVs apresentam anomalias característicos de rochas fraturadas, as alterações nas curvas de campo (resistividade aparente) são demonstrativos de fraturas nas rochas. Entre os sedimentos arenosos e/ou argilosos aflorantes e a rocha inalterada, encontra-se rochas que sofreram intemperismo podendo estar bastante alteradas e decompostas. Na SEV 1, a camada de solo é rasa com uma profundidade aproximada de 4m, enquanto na SEV 2, a camada de solo aproximada é 2 metros e o topo da rocha inalterada é de 4 metros aproximadamente. Nas SEVs 3 e 4 os perfis geoeletricos apresentaram uma camada maior de sedimento em relação as demais SEVs, na SEV 3 identificou uma camada de 8 metros para atingir a rocha inalterada, já na SEV 4 verificou camada de 13 metros até a rocha sã (Relatório técnico de prospecção geofísica aplicada a geotecnia, 2019). Salienta-se que a localização das células do aterro e a estação de tratamento de lixiviados localizam-se na área de influência dos pontos SEV 1 e SEV2, onde existe uma camada de solo mais raso e logo após rocha. Nos perfis SEV 1 e SEV 2, não foi detectado nível d'água. A Figura 3.16 apresenta a correlação estratigráfica do aterro sanitário.

Figura 0:6: Correlação estratigráfica estimada do aterro sanitário



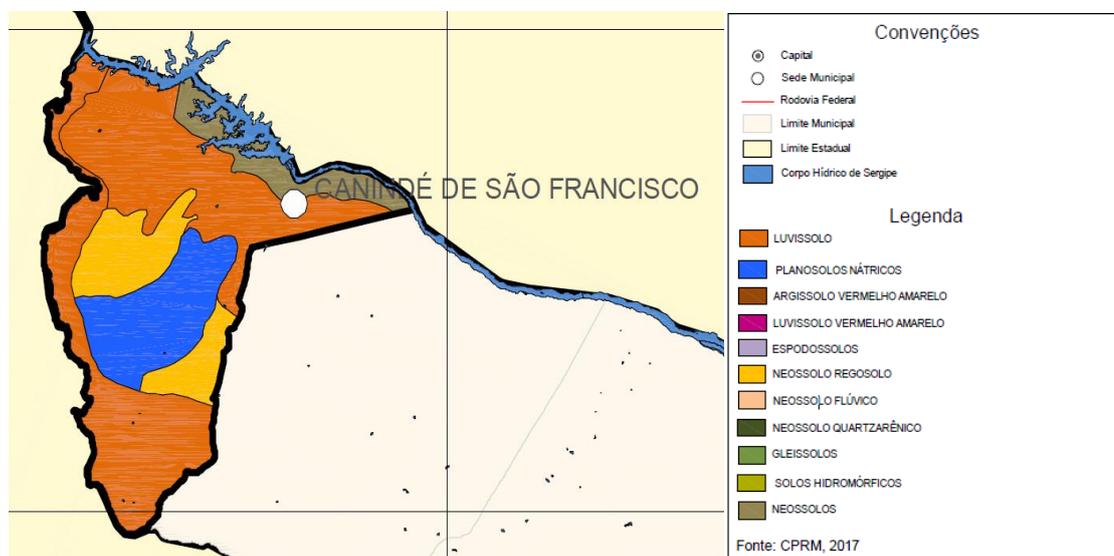
Fonte: DAFA – Geologia e Mineração (2019).

3.5. PEDOLOGIA

A caracterização dos solos do município teve como base o estudo “Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Sergipe” elaborado, em meados de 1975, pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Foi adotada a classificação taxonômica do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos elaborada, em meados de 2006, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Predomina no território do município de Canindé de São Francisco solos medianamente profundos a rasos e pedregosos (Luvisolos e Neossolos Litólicos), com este último formando uma larga faixa que margeia o rio São Francisco e a Represa do Xingó, enquanto o primeiro ocupa extensas áreas do território municipal. Aparecem, ainda, com menor expressividade manchas de Neossolos Regossolos e de Planossolos Nátricos na porção central deste município, conforme apresentado na Figura 3:17. A área escolhida para a instalação do Aterro Sanitário do município é composta integralmente por luvisolos.

Figura 0:7: Mapa de Solos do Município de Canindé de São Francisco.



Luvissolos

São solos pouco profundos a rasos, não hidromórficos, com argila de atividade alta e alta fertilidade natural. Apresentam drenagem moderada a imperfeita e são bastante susceptíveis a erosão, principalmente nas áreas de relevo ondulado a forte ondulado. A textura varia de média a argilosa, sendo comum a presença de calhaus e, por vezes, matacões na superfície do solo. São bastante utilizados para pecuária, adotando-se o uso de pastagens como o capim sempre-verde, e em raros casos a própria vegetação da caatinga. São também cultivados com palma forrageira, algodão, milho e feijão.

3.6. RECURSOS HÍDRICOS

O município de Canindé de São Francisco encontra-se integralmente inserido na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em sua região de baixo curso.

Bacia do Rio São Francisco

Drenando uma área de aproximadamente 634.000 km², o equivalente a 8,0% do território brasileiro, o rio São Francisco nasce na Serra da Canastra, em Minas Gerais, contando com 2.700 km de extensão. Apresenta seu talvegue se desenvolvendo no sentido sul-norte cruzando os territórios dos estados de Minas Gerais, Bahia e Pernambuco, quando inflete seu curso para Leste, chegando ao Oceano Atlântico através da divisa entre Alagoas e Sergipe.

Abrange parcialmente os territórios de sete unidades da federação, tendo a maior parte da sua área vinculada aos estados da Bahia (48,2%), Minas Gerais (36,8%) e Pernambuco (10,9%), enquanto Alagoas, Sergipe, Goiás e o Distrito Federal respondem apenas por 0,2 a 2,2% da área desta bacia.

Ao longo do seu percurso, que banha cinco Estados, o rio São Francisco se divide em quatro trechos: o Alto São Francisco, que vai de suas cabeceiras até Pirapora, em Minas Gerais; o Médio São Francisco, de Pirapora, onde começa o trecho navegável, até Remanso, na Bahia; o Submédio São Francisco, de Remanso até Paulo Afonso, também na Bahia; e o Baixo São Francisco, de Paulo Afonso até a foz.

O rio São Francisco apresenta caráter perene, recebendo contribuições de 168 tributários, dos quais 58,9% são perenes. Tem como principais tributários de regime perene, os rios Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande, pela margem esquerda,

e Pará, Paraopeba, das Velhas e Verde Grande, pela margem direita, apresentando na sua foz uma vazão média de 2.943 m³/s.

Registre-se que os afluentes mais importantes se situam na margem esquerda do Alto e do Médio São Francisco, nos estados de Minas Gerais e Bahia. Essa característica se deve à existência de grandes áreas de formação sedimentar naquelas regiões, permitindo maior infiltração das chuvas, ali mais abundantes e regulares.

A medida que o São Francisco penetra na zona sertaneja semiárida, apesar da intensa evaporação, da baixa pluviosidade e dos afluentes temporários da margem direita, mantém-se perene, graças ao mecanismo de retroalimentação proveniente do seu alto curso e dos afluentes no centro de Minas Gerais e oeste da Bahia. Nesse trecho o período das cheias ocorre de outubro a abril, com altura máxima em março, no fim da estação chuvosa. As vazantes são observadas de maio a setembro, condicionadas à estação seca.

Embora a maior parte de águas do rio venha de Minas Gerais, o São Francisco só pode garantir uma grande oferta de águas – mesmo durante a estação seca (de maio a outubro) – após a represa de Sobradinho, considerada o pulmão do São Francisco. Isso porque a barragem foi planejada para regularizar o rio, a fim de possibilitar a geração de energia hidroelétrica nas usinas do Complexo Paulo Afonso, Itaparica e Xingó, próximas a sua foz durante todo o ano.

A região do Baixo São Francisco, com 4.952,9km², abrange 20,3% do território sergipano e é formada por cinco sub-bacias, representadas pelos rios Curituba, Onças, Jacaré, Campos Novos e Capivara abrangendo, total ou parcialmente, seis municípios sergipanos: Canindé de São Francisco, área do estudo; Poço Redondo; Porto da Folha; Gararu; Monte Alegre de Sergipe e Nossa Senhora da Glória. Nessa região, a hidrografia orienta-se no sentido S/N, voltada para o rio São Francisco, que nesse trecho encontra-se parcialmente encaixado num canyon ocupado pelo lago da Hidrelétrica de Xingó, entre os municípios de Canindé de São Francisco (SE) e Piranhas (AL).

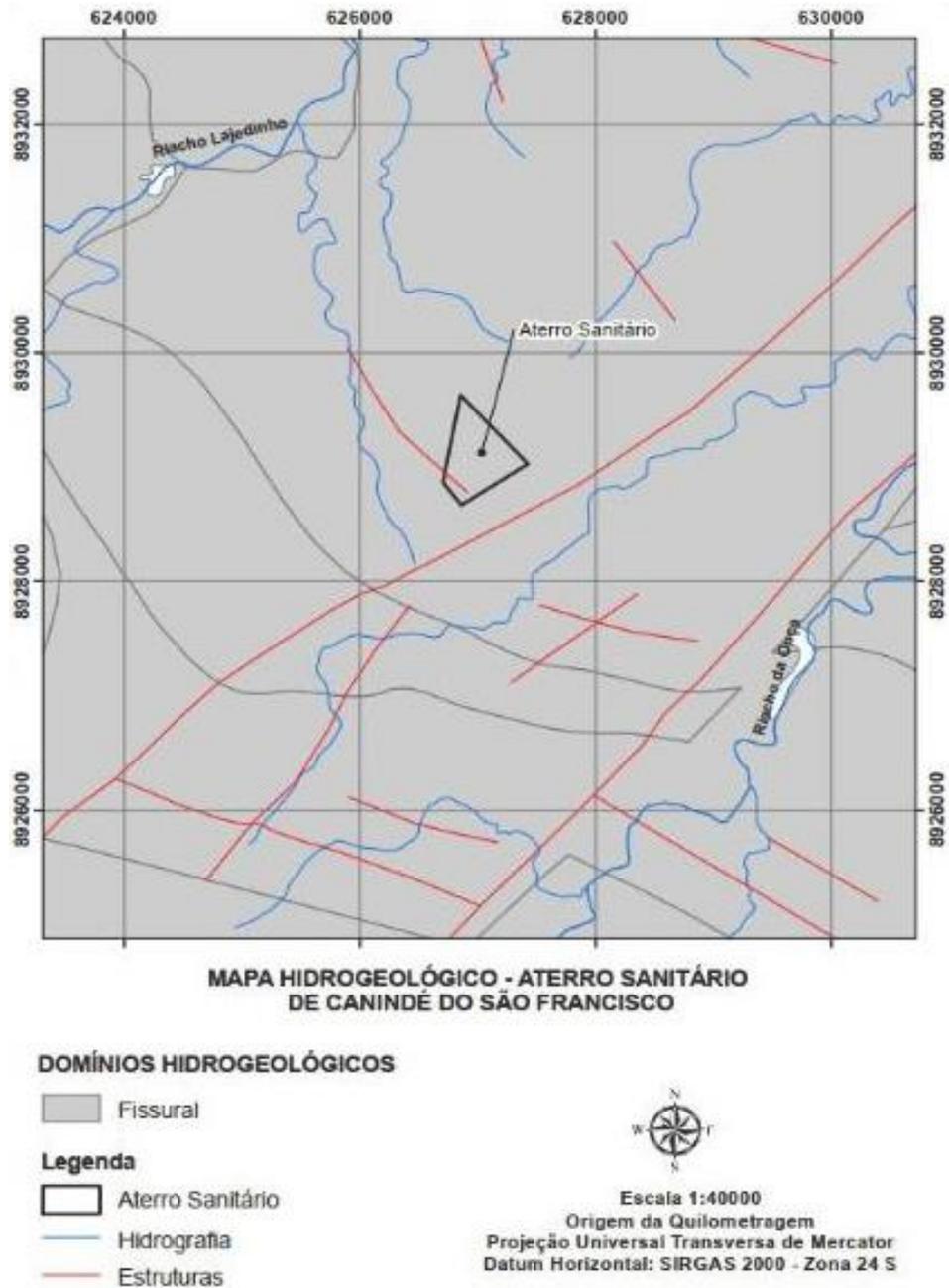
No território do município de Canindé de São Francisco, na área de estudo, merecem destaque os seguintes cursos d'água: rios São Francisco, Curituba e riacho Lajedinho.

3.6.1 Recursos hídricos subterrâneos

No município de Canindé de São Francisco pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos: Cristalino, Metasedimentos/Metavulcanitos e Bacias Sedimentares, com os dois primeiros se constituindo em aquíferos fissurais e o último num aquífero granular. A área escolhida para a instalação do Aterro Sanitário encontra-se localizada em território de aquífero fissural.

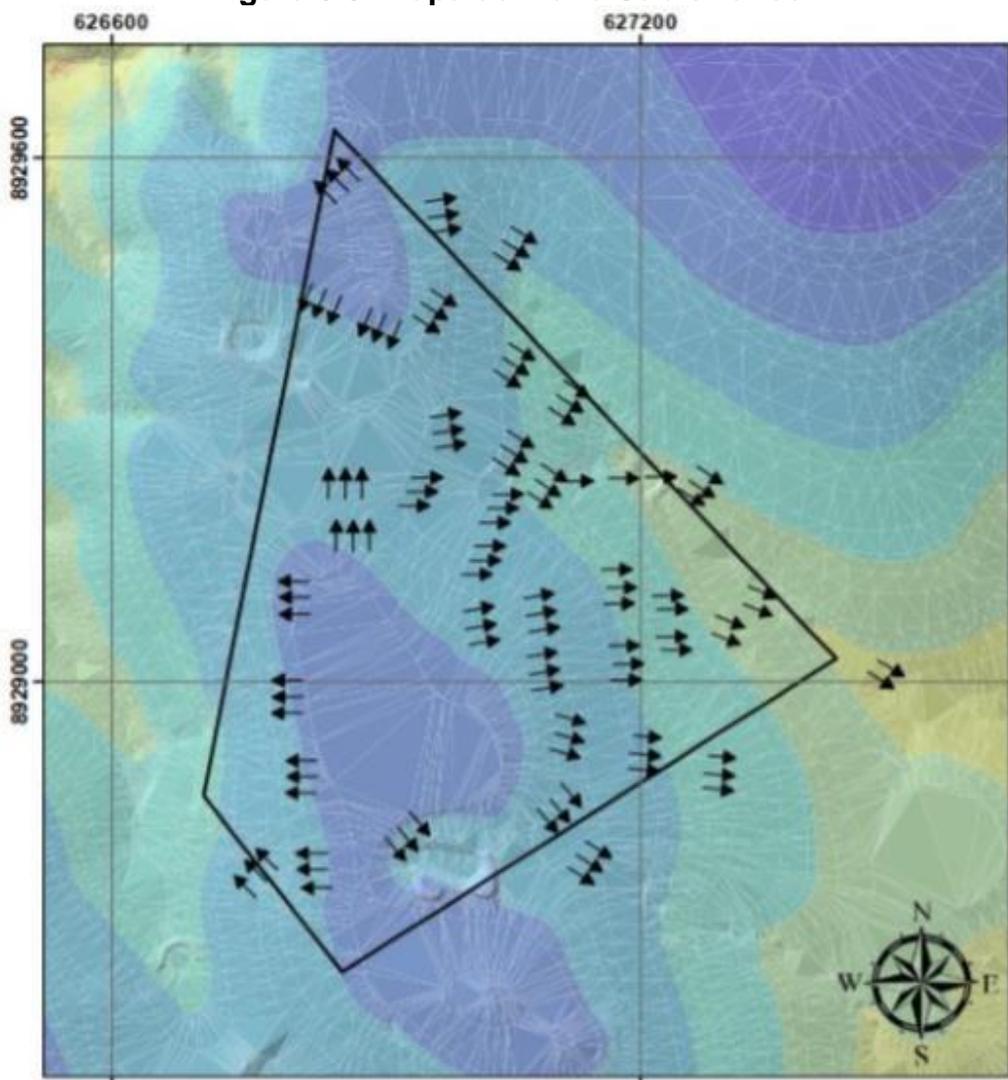
Baseado nas sondagens geofísicas realizadas na área do aterro sanitário, pode-se concluir que a área escolhida para a instalação do Aterro Sanitário do Município de Canindé de São Francisco encontra-se inserida num contexto hidrogeológico fissural, ditada pelos litotipos da Faixa de Dobramentos Sergipanas. Para esse tipo de aquífero, nota-se que a ocorrência de água subterrânea se associa diretamente a descontinuidades (fraturas e fissuras) presentes nas rochas locais, ou seja, condicionada à porosidade secundária. A partir da análise geofísica da área, notou-se para o contexto local a partir da Sondagem Elétrica Vertical a indicação de descontinuidades, indicando fraturas que podem servir de zona de recarga. Embora as rochas cristalinas ocupem grandes extensões em área e em profundidade, o controle estrutural não permite que o sistema de fluxo se estenda por grandes distâncias (Singhal e Gupta, 1999). Porém, algumas zonas densamente fraturadas, ou mesmo de rocha totalmente fragmentada, podem se estender por dezenas de quilômetros, formando grandes condutores hidráulicos (Gustafsson e Krásný, 1994). O Fluxo Subterrâneo e Superficial da área em estudo segue a topografia local e possui sentido difuso direcionado para zonas de planícies, conforme se pode notar a partir da na Figura 3:18 e 3:19, respectivamente.

Figura 0:8: Mapa Hidrogeológico



Fonte: DAFA Consultoria, Geologia & Mineração (2019).

Figura 0:9: Mapa de Fluxo Subterrâneo.



MAPA DE FLUXO SUBTERRÂNEO - ATERRO SANITÁRIO
DE CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO

Elevação (metros)	
218,667 - 224	192 - 197,333
213,333 - 218,667	186,667 - 192
208 - 213,333	181,333 - 186,667
202,667 - 208	176 - 181,333
197,333 - 202,667	

Legenda

□ Aterro Sanitário

Escala 1:6000
Origem da Quilometragem
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: SIRGAS 2000 - Zona 24 S

Fonte: DAFA Consultoria, Geologia & Mineração (2019).

3.6.2 Análise da Água do Aterro

As coletas das amostras de água foram realizadas no dia 05 de Agosto com os resultados apresentados na quadro 3.4 e 3.5.

Quadro 0:2: Ensaios realizados no Tanque 2 do Aterro de Canindé de São Francisco

Amostra	ATERRO - CANINDE DE SAO FRANCISCO/ TANQUE 02			Código	3343/19-01	Coleta em	05/08/19 12:05
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método		Data do Ensaio	
DBO (Método respirométrico)	4,3	mg O ₂ /L	0,5	SMEWW, 2017, 5210-D		07/08/19	
Nitrogênio - Nitrato	3,62	mg N-NO ₃ /L	0,026	SMEWW, 2017, 4500-NO ₃ C		08/08/19	
Nitrogênio - Nitrito	0,024	mg N-NO ₂ /L	0,0009	SMEWW, 2017, 4500-NO ₂ B		08/08/19	
Mercúrio	<0,001	mg Hg/L	0,001	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Cádmio Total	<0,003	mg Cd/L	0,003	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Níquel Total	<0,017	mg Ni/L	0,017	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Ferro Total	0,380	mg Fe/L	0,031	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Chumbo Total	<0,0072	mg Pb/L	0,0072	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Cromo Total (Cr)	<0,018	mg Cr/L	0,018	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Cobre Total	<0,023	mg Cu/L	0,023	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Zinco Total	<0,0088	mg Zn/L	0,0088	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Alumínio Total (Al)	0,090	mg Al/L	0,057	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	

Legenda

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 23ª. ed., Washington, 2017.
ICP OES: Espectrofotometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado.
LQ: Limite de Quantificação do Método.

Quadro 0:3: Ensaios realizados no Tanque 3 do Aterro de Canindé de São Francisco

Amostra	ATERRO - CANINDE DE SAO FRANCISCO/ TANQUE 03			Código	3343/19-02	Coleta em	05/08/19 11:20
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método		Data do Ensaio	
DBO (Método respirométrico)	9,3	mg O ₂ /L	0,5	SMEWW, 2017, 5210-D		07/08/19	
Nitrogênio - Nitrato	0,135	mg N-NO ₃ /L	0,026	SMEWW, 2017, 4500-NO ₃ C		07/08/19	
Nitrogênio - Nitrito	0,012	mg N-NO ₂ /L	0,0009	SMEWW, 2017, 4500-NO ₂ B		08/08/19	
Mercúrio	<0,001	mg Hg/L	0,001	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Cádmio Total	<0,003	mg Cd/L	0,003	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Níquel Total	<0,017	mg Ni/L	0,017	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Ferro Total	0,750	mg Fe/L	0,031	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Chumbo Total	<0,0072	mg Pb/L	0,0072	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Cromo Total (Cr)	<0,018	mg Cr/L	0,018	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Cobre Total	<0,023	mg Cu/L	0,023	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Zinco Total	<0,0088	mg Zn/L	0,0088	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	
Alumínio Total (Al)	0,120	mg Al/L	0,057	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES)		07/08/19	

Legenda

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 23ª. ed., Washington, 2017.
ICP OES: Espectrofotometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado.
LQ: Limite de Quantificação do Método.

3.7. CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL

A cobertura vegetal do município de Canindé de São Francisco integra o bioma da Caatinga.

A caatinga hiperxerófila constitui a principal formação vegetal nos sertões de Canindé de São Francisco, sendo caracterizada pelo elevado grau de xerofitismo, o que se traduz no seu caráter caducifoliar e na frequência de plantas espinhosas. Em termos fitofisionômicos a cobertura vegetal do território deste município apresenta uma fisionomia arbustiva/arbórea relativamente degradada pela ação antrópica, sendo observadas extensas áreas com a vegetação nativa substituída por campos de pastagens e capoeiras de caatinga. Manchas esparsas de caatinga arbustiva/arbórea preservadas são observadas na porção sul do território deste município.

4- CONCEPÇÃO DO PROJETO



4. CONCEPÇÃO DO PROJETO

4.1. CONDICIONANTES DA ÁREA

Foram determinados vários condicionantes para a implantação de um aterro sanitário nesta área, sendo os principais:

- Proximidade de perímetro urbano maior que 3,0km;
- Distância do aterro ao centro de massa menor que 10,0km;
- Via de acesso pavimentada, plana ou sem rampas fortes;
- Relevo ondulado com baixas declividades;
- Condições climáticas favoráveis, com a direção dos ventos não afetando núcleos urbanos;
- Disponibilidade de solo para cobertura num raio de 10,0km; e
- A área encontra-se atualmente sem uso.

4.2. PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO PARA O HORIZONTE DO PROJETO

Tratando-se de estudos voltados à implantação de aterros sanitários, faz-se necessário a priori a execução de uma projeção da população para o horizonte de projeto, tendo para este caso específico sido adotado o ano de 2040. Tal etapa se justifica devido à projeção populacional fornecer subsídios para a estimativa do volume de resíduos sólidos gerados, sendo este dado de suma importância para o dimensionamento do aterro (TPF/QUANTA, 2017). Neste sentido, utilizou-se a projeção de população apresentada no PRODUTO 2.A: DIAGNÓSTICO DOS SISTEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EXISTENTES, elaborado pelo Consórcio TPF/QUANTA. Este relatório fez uma análise populacional que considerou tanto a população residente nos municípios da área do estudo como a população flutuante. Assim, com base em dados históricos obtidos através do IBGE foi possível estimar a população futura para o ano de 2037, e o projetista atualizou as projeções para o horizonte do projeto, isto é, até 2040. O método da projeção utilizado foi o método exponencial. Assim, o Quadro 4:1 apresenta os dados de população residente e população flutuante para o período de 2021 até 2040. Salienta-se a soma da população residente e flutuante, considerou-se esta última representativa de 360 dias por ano.

**Quadro 4.2:1 – População Atendida – Município de Canindé de São Francisco –
Anos 2021 a 2040**

Ano	Canindé do São Francisco		População Total
	Flutuante	Residente	
2021	11.981	37.400	37.433
2022	12.807	38.868	38.904
2023	13.690	40.393	40.431
2024	14.635	41.979	42.020
2025	15.644	43.626	43.669
2026	16.723	45.339	45.385
2027	17.876	47.118	47.168
2028	19.109	48.968	49.021
2029	20.428	50.890	50.947
2030	21.836	52.887	52.948
2031	23.343	54.963	55.028
2032	24.953	57.120	57.189
2033	26.674	59.362	59.436
2034	28.514	61.692	61.771
2035	30.480	64.114	64.199
2036	32.583	66.630	66.721
2037	34.830	69.246	69.343
2038	37.077	71.863	71.966
2039	39.468	74.580	74.690
2040	42.014	77.399	77.516

Fonte: Adaptado de TPF/QUANTA, 2017.

4.3. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para a determinação da composição gravimétrica dos resíduos, utilizamos a projeção de apresentada no PRODUTO 2.A, elaborado pelo Consórcio TPF/QUANTA, conforme apresentado no Quadro 4.2.

A composição de resíduos adotada teve como finalidade prever a quantidade de resíduos que seriam depositados no aterro sanitário e tratados na unidade de compostagem e triagem. Neste sentido, adotou-se para a projeção da quantidade de resíduos gerados a seguinte distribuição temporal, conforme apresentado no Quadro 6. Porém como apresentado anteriormente, a unidade de disposição final será dimensionada para 100% dos resíduos coletados, uma vez que os municípios ainda não possuem nenhum programa de coleta seletiva e coleta diferenciada de orgânicos.

Quadro 4.2:2 – Composição Gravimétrica do município de Canindé de São Francisco

Discriminação	Percentual (%)
Papel	1,07
Papelão	3,64
Plástico Duro	6,63
Plástico Filme	3,47
Metais Ferrosos	1,56
Metais Não ferrosos	0,31
Trapos	11,17
Vidro	2,73
Borracha	0,1
Couro	0,03
Madeira	1,05
Matéria orgânica	67,82
Outros materiais	0,43
Total	100

Fonte: TPF/QUANTA, 2017.

Quadro 4.2:3 – Percentual de Resíduos por Unidade de Tratamento e Destinação Final

Período	Destinação dos Resíduos (%)		
	Aterro Sanitário (%)	Unidade de Compostagem (%)	Unidade de Triagem (%)
2020 a 2029	90%	Até 9%	5%
2029 a 2040	85%	10%	5%

Fonte: TPF/QUANTA, 2017

4.4. CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para a definição da vida útil do aterro sanitário, torna-se fundamental estimar a quantidade de resíduos que deverão ser dispostos na área. Baseado nesta premissa, considerou-se o crescimento populacional de cada município, a taxa de geração percapita de resíduos e a densidade de compactação do resíduo em torno de 0,85 ton/m³. Também foi adotado com premissa que 100% dos resíduos coletados, serão aterrados.

A quantificação dos resíduos para o município de Canindé de São Francisco considerou as estimativas de geração per-capita apresentada no Plano Intermunicipal Sul e

Centro Sul, desenvolvido Convênio entre a SEMARH (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos) e a M&C Engenharia (2014). O Quadro 4.4 apresenta a geração de resíduos per capita, segundo o porte dos municípios e o Quadro 4.5 apresenta a quantidade de resíduos que serão depositados, em um período de 20 anos, compreendendo os anos de 2021 até 2040.

Quadro 4.2:4: geração *per capita* de resíduos por faixa populacional

Faixa	Faixa populacional (hab)	RSU per capita (kg/hab.dia)
1	Até 30.000	0,82
2	30.001 a 100.000	0,86
3	100.001 a 250.000	0,88

Fonte: Plano Intermunicipal Sul e Centro Sul (2014).

Quadro 4.2:4: Peso e volume anual e total de resíduos que serão dispostos nas células do Aterro Sanitário de Canindé de São Francisco

Ano	População Total	Geração Per capita* (kg/hab.dia)	Aterro Sanitário				
			Diária (t/dia)	Mensal (t/mês)	Anual (t/ano)	Volume Anual (m3)	Volume acumulado (m3)
2021	37.433	0,86	32,19	965,78	11.589,34	13.635	13.635
2022	38.904	0,86	33,46	1.003,71	12.044,55	14.170	27.805
2023	40.431	0,86	34,77	1.043,12	12.517,45	14.726	42.531
2024	42.020	0,86	36,14	1.084,11	13.009,28	15.305	57.836
2025	43.669	0,86	37,56	1.126,67	13.520,06	15.906	73.742
2026	45.385	0,86	39,03	1.170,94	14.051,34	16.531	90.273
2027	47.168	0,86	40,56	1.216,93	14.603,11	17.180	107.453
2028	49.021	0,86	42,16	1.264,74	15.176,93	17.855	125.308
2029	50.947	0,86	43,81	1.314,43	15.773,11	18.557	143.865
2030	52.948	0,86	45,53	1.366,05	16.392,59	19.285	163.150
2031	55.028	0,86	47,32	1.419,72	17.036,62	20.043	183.193
2032	57.189	0,86	49,18	1.475,48	17.705,81	20.830	204.024
2033	59.436	0,86	51,12	1.533,45	18.401,41	21.649	225.672
2034	61.771	0,86	53,12	1.593,70	19.124,37	22.499	248.172
2035	64.199	0,86	55,21	1.656,33	19.875,91	23.383	271.555
2036	66.721	0,86	57,38	1.721,39	20.656,67	24.302	295.857
2037	69.343	0,86	59,63	1.789,04	21.468,52	25.257	321.114
2038	71.966	0,86	61,89	1.856,74	22.280,83	26.213	347.327
2039	74.690	0,86	64,23	1.926,99	23.123,89	27.205	374.532
2040	77.516	0,86	66,66	1.999,91	23.998,88	28.234	402.765
TOTAL:					342.350,66	402.765,48	

Fonte: TPF/QUANTA

Assim, para um período de 20 anos de disposição tem-se uma demanda de aproximadamente 343.000 toneladas de resíduos sólidos urbanos, correspondendo a um volume aproximado de 403.000 m³. Estima-se ainda para a quantidade de solo a ser utilizada no aterro um percentual da ordem de 10% sobre a demanda, correspondendo a 40.300 m³. Assim, o volume total depositado no aterro sanitário será de aproximadamente 443.300 m³. Neste projeto, por precaução operacional, não se considerou a redução do volume do aterro devido aos recalques. Em geral, os recalques em aterros sanitários variam da ordem de 25 a 50%, (Stearns, 1987 e Wall e Zeiss, 1995 *apud* Machado Santos, 1997).

4.5. DEFINIÇÃO DA ÁREA E VOLUME DO ATERRO SANITÁRIO

O Quadro 4:6 apresenta a estimativa de áreas e volumes para o aterro sanitário.

Quadro 4.2:5: Estimativa de áreas e volumes para o aterro sanitário de Canindé de São Francisco.

CÁLCULO DE ÁREA		
Quantidade de resíduos a ser aterrada	343.000	Toneladas
Densidade de compactação	0,85	t/m ³
Volume acumulado de resíduos aterrados	403.000	m ³
Volume de solo para camada de cobertura (10%)	40.300	m ³
Volume final com coberturas	443.300	m³
Altura do aterro	12,00	m
Área	76.389,6 3	m ²

Fonte: TPF/QUANTA,2019

Como premissa do projeto, em função da melhor ocupação da área e do plano do plano de avanço do aterro sanitário, foi definido que a área de disposição dos resíduos será executada em 4 fases com alteamento da célula da cota 202 a 207, 207 a 212 e 212 a 214. A altura máxima do aterro será de 12 metros de altura e a declividade de 1:2,5 (V:H). A área para a disposição de resíduos será de 76.500 m² e levará em consideração a topografia de base do aterro.

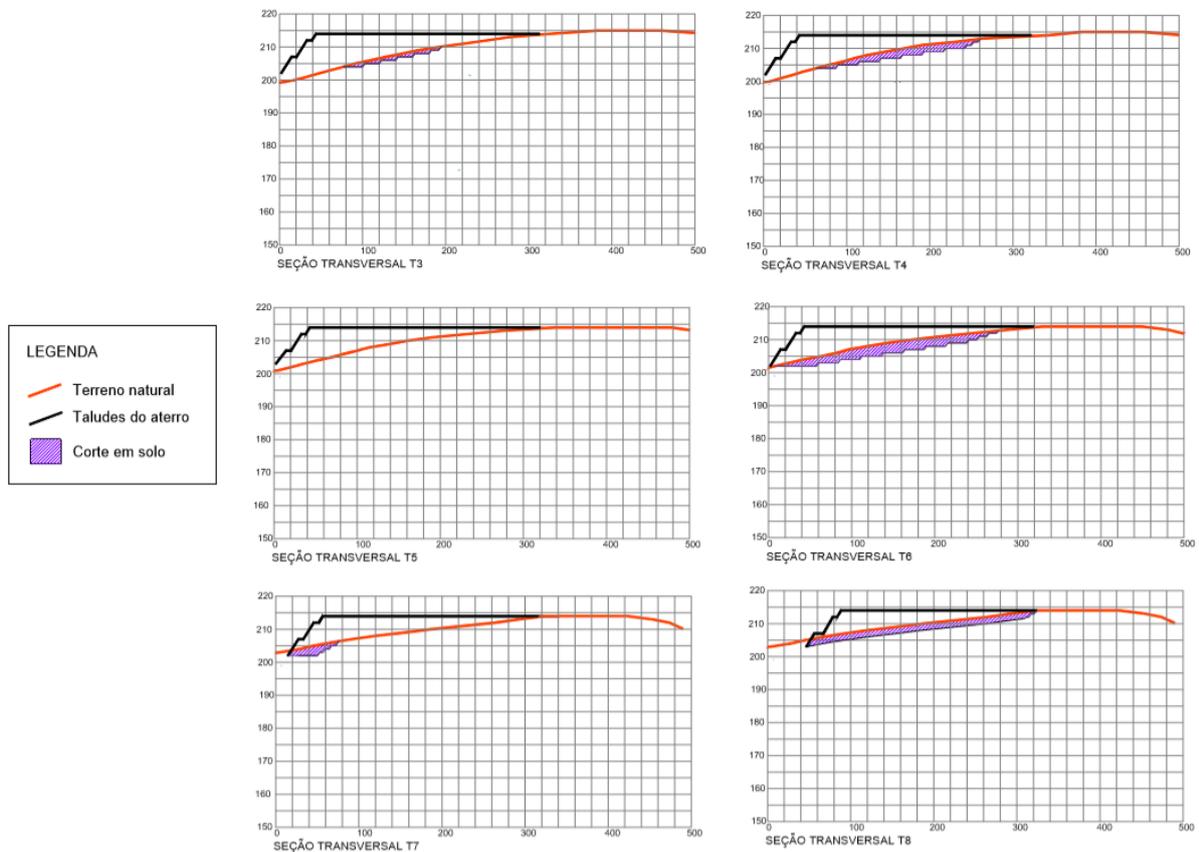
A Figura 4:1 apresenta a conformidade final da área de disposição final e a Figura 4:2 apresenta as seções transversais da área.

Figura 4.2:1: Vista geral da disposição final de Canindé de São Francisco.



Fonte: TPF/QUANTA, 2017

Figura 4.2:2: Seções transversais da área aterro sanitário Canindé de São Francisco.



Fonte: TPF/QUANTA

4.6. ANÁLISE DA ESTABILIDADE

O estudo da estabilidade de taludes em aterros de resíduos sólidos visa avaliar a segurança dos taludes da encosta a qual o aterro será compactado, bem como das células de resíduos sólidos propriamente ditas, as quais atingirão alturas da ordem de 12 metros.

A análise de estabilidade de taludes para o projeto do Aterro Sanitário da Canindé foi realizada por meio do software GGU-STABILITY, onde se utilizou parâmetros geotécnicos do solo (fundação/encosta do aterro) estimados através de perfis de sondagens, com determinação de SPT, realizados em diferentes pontos da área em estudo e também com base em dados da literatura para estes tipos de solos, e ainda parâmetros geotécnicos dos resíduos sólidos urbanos estimados à partir de ensaios de campo e laboratório realizados na literatura para resíduo sólido considerado “novos” e “velhos”. Estas análises tiveram como objetivo determinar as superfícies de ruptura críticas e o fator de segurança mínimo para os diferentes casos e cenários investigados.

No Anexo III são apresentados os resultados da análise de estabilidade de taludes das seções mais críticas dos casos 1 e 2, dos arquivos de saída do software GGU-STABILITY, com os resultados dos fatores de segurança.

4.6.1. Descrição do Software Utilizado

O GGU-STABILITY é um software computacional da GGU-Software para a solução de problemas de estabilidade de taludes de uma análise bidimensional, utilizando-se o método de equilíbrio limite. O software utiliza o critério de avaliação o proposto por Mohr-Coulomb para o comportamento da resistência ao cisalhamento, o cálculo do fator de segurança de um determinado deslizamento é feito através do método das fatias. O programa admite condições de heterogeneidade do solo, anisotropia dos parâmetros de resistência, acréscimo de poro-pressão devido ao carregamento, águas superficiais e subterrâneas, terremotos, sobrecargas e tirantes, além de considerar o efeito das fibras nos resíduos, descritos por Kolsch (1993). Os métodos de análise disponíveis nesta versão são: método de Bishop Modificado, aplicado a superfícies de ruptura de forma circular; e método de Janbu Simplificado, aplicado a superfícies de ruptura de forma geral. O método utilizado para a análise de estabilidade neste estudo foi o de Bishop Simplificado.

4.6.2. Geometria do Aterro

A geometria dos taludes de solo e das células de resíduos sólidos foi dimensionada para o projeto segundo a declividade 1V: 2,5H, com o objetivo de proporcionar um risco mínimo de ruptura da célula de resíduos sólidos, e assim evitar contaminação das regiões vizinhas.

4.6.3. Nível piezométrico

O nível piezométrico de um aterro de resíduos sólidos que é o chamado lixiviado, o qual é a resultante da água percolada no aterro e o chorume produzido pelo processo de biodegradação da matéria orgânica, tal lixiviado tem bastante influência na estabilidade do aterro. Neste projeto foram utilizados níveis de lixiviado nas análises, uma condição de drenagem (nível piezométrico a 1/3 da base do aterro) e uma condição de drenagem obstruída (nível piezométrico a 2/3 da base do aterro).

4.6.4. Parâmetros Geotécnicos Adotados

Os parâmetros geotécnicos necessários para a análise de estabilidade do talude, utilizando-se o GGU-STABILITY, são: ângulo de atrito interno (ϕ), coesão c e peso específico (γ) para camadas de solos convencionais. Para as camadas de resíduos como há presença de materiais fibrosos (plásticos, madeira, tecidos) foram considerados os efeitos das fibras na estabilidade, os parâmetros necessários para estas análises são: fator de transmissão das fibras (α), ângulo de tração (ζ) e coesão devido a tração (Z_{max}).

No que diz respeito ao solo (subsolo/encosta) existente na área do aterro de Canindé, predomina de areia com presença de pedregulho, medianamente compacta a muito compacta, cor amarela. Em relação aos resíduos sólidos urbanos que serão depositados no aterro, foram consideradas na análise de estabilidade situações em que os resíduos sólidos são ditos “Resíduo Novo” e “Resíduo Velho”.

O Quadro 4:7 apresenta os parâmetros geotécnicos, utilizados nas análises, para os diferentes materiais existentes, ou seja, os materiais constituintes do subsolo e os resíduos sólidos depositados no aterro, na condição de “resíduo novo” e “resíduo velho”.

Quadro 4.2.6: Parâmetros utilizados nas análises de estabilidade de taludes.

Material	Coesão (t/m ²)	Ângulo de Atrito ϕ (°)	Peso Específico (t/m ³)	Transmissão das fibras (α)	Ângulo de tração ζ (°)	Coesão devido a tração Z_{max} (t/m ²)
Areia c/ pedregulho	4,0	30,0	1,5	-	-	--
Alteração de rocha	0	50	1,90	-	-	--
Resíduo Novo	2,5	23,0	0,85	0,6	22	1,8
Resíduo Velho	3,5	28,0	1,2	0,7	15	2,25

Fonte: TPF/QUANTA

4.6.5. Casos Analisados

Na análise de estabilidade dos taludes da área do Aterro Sanitário de Canindé foram considerados diferentes tipos de situações, possíveis de ocorrer durante e após a operação de disposição de resíduos. Os casos e os diferentes cenários admitidos nas análises do cálculo de estabilidade estão apresentados a seguir.

É importante ressaltar que, embora esteja previsto um eficiente funcionamento do sistema de drenagem no interior da massa de resíduos, o que representa um dos requisitos imprescindíveis em um projeto de construção e operação de aterro sanitário, é relevante, para efeito de análises de estabilidade de talude, admitir a hipótese de um mau funcionamento da drenagem provocado, por exemplo, por imprevistos acidentes. Assim, nos casos em que se considera tal situação, utiliza-se um nível piezométrico de cerca de 2/3 da altura do talude. Nos demais casos, utiliza-se um nível piezométrico inferior a 1/3 da altura do talude, representando um bom funcionamento da drenagem.

Caso 1

O caso 1 diz respeito às análises realizadas nos taludes apenas solo, os quais serão utilizados para na compactação dos resíduos sólidos até o nível da superfície do terreno (em torno da cota 214 m). Neste caso não existe análises com nível piezométrico no solo, uma vez que os perfis geotécnicos (SPT's e SEV's) apresentam uma pequena espessura de solo e logo após alteração de rocha. Assim, foram estudados 2 (dois) cenários para o caso 1, conforme descritos abaixo:

- Cenário 1: análise do talude na condição atual, antes da execução do aterro;
- Cenário 2: talude após execução dos cortes e com sobrecarga referente ao caminhão de resíduos sólidos urbanos.

Caso 2

O caso 2 representa as análises relativas à disposição de resíduos no talude do aterro. Diferentes cenários foram estudados, no total de 6 (seis) para este referido caso. A descrição dos mesmos encontra-se a seguir:

- Cenário 1: após a deposição dos resíduos até a cota 207 (condição de bom funcionamento da drenagem, isto é, com nível piezométrico na altura de 1/3 da célula, admitindo-se tratar de resíduo novo);
- Cenário 2: idem ao cenário 1, porém levando-se em consideração uma indesejável ineficiência ou falha no sistema de drenagem, isto é, com nível piezométrico na altura de 2/3 da célula;
- Cenário 3: após a deposição dos resíduos até a cota final do projeto (214), considerando-se a diferença entre o resíduo velho (ente a cota 202 e a cota 207) e o resíduo novo (entre a cota 207 e a cota final 214), com nível piezométrico na altura de 1/3 da célula;
- Cenário 4: idem ao cenário 3, mas admitindo-se uma indesejável ineficiência ou falha no sistema de drenagem (nível piezométrico na altura de 1/3 da célula);
- Cenário 5: após a deposição final dos resíduos até a cota de 214, considerando-se todo talude constituído de resíduo velho e com nível piezométrico na altura de 1/3 da célula;
- Cenário 6: idem ao cenário 5, porém considerando-se uma indesejável ineficiência ou falha no sistema de drenagem, isto é, com nível piezométrico na altura de 2/3 da célula.

4.6.6. Resultados das Análises

Após realizar a análise de estabilidade em todas as seções dos taludes (Casos 1 e 2), nos diferentes tipos de cenários investigados, foi observado que os fatores de segurança mínimos ($FS_{MÍN}$), obtidos pelos cálculos do programa GGU-STABILITY, foram superiores ao fator de segurança mínimo de 1.5, normalmente adotado como critério de projeto, demonstrando desta forma que os taludes de resíduos sólidos, conforme concebido neste projeto, são estáveis. Os resultados dos fatores de segurança mínimos para cada situação estudada estão apresentados no Quadro 4:8.

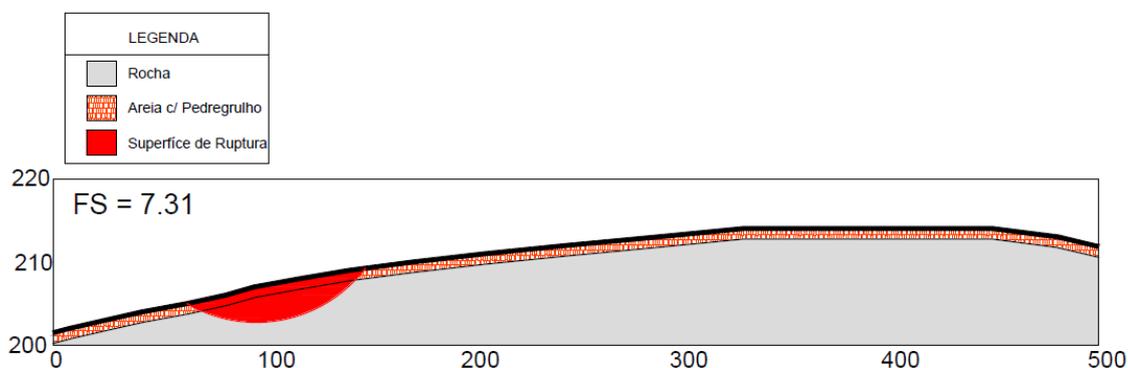
Quadro 4.2:7: Fatores de Segurança Mínimos da Seção Mais Crítica dos Taludes Estudados.

Caso	Canário	FS _{MIN}
1	1	7,13
	2	4,15
2	1	2,62
	2	2,26
	3	2,46
	4	2,03
	5	2,43
	6	1,92

Fonte: TPF/QUANTA

Os cortes dos taludes correspondentes aos casos 1 (taludes de solo) e 2 (taludes de resíduos sólidos), referentes aos 9 (nove) cenários pesquisados, e suas respectivas superfícies críticas de ruptura e fatores de segurança mínimos são mostrados nas Figuras 4:3, 4:4, 4:5, 4:6, 4:7, 4:8, 4:9 e 4:10. Os arquivos de saída do software GGU-STABILITY das situações mais críticas dos casos 1 e 2, incluindo o detalhamento dos cálculos, estão apresentados em ANEXO III.

Figura 4.2:3: Caso 1: Cenário 1 – Encosta em sua condição natural.



Fonte: TPF/QUANTA

Figura 4.2:4: Caso 1: Cenário 2 – Encosta após a execução de cortes e com sobrecarga relativa ao caminhão de resíduos.

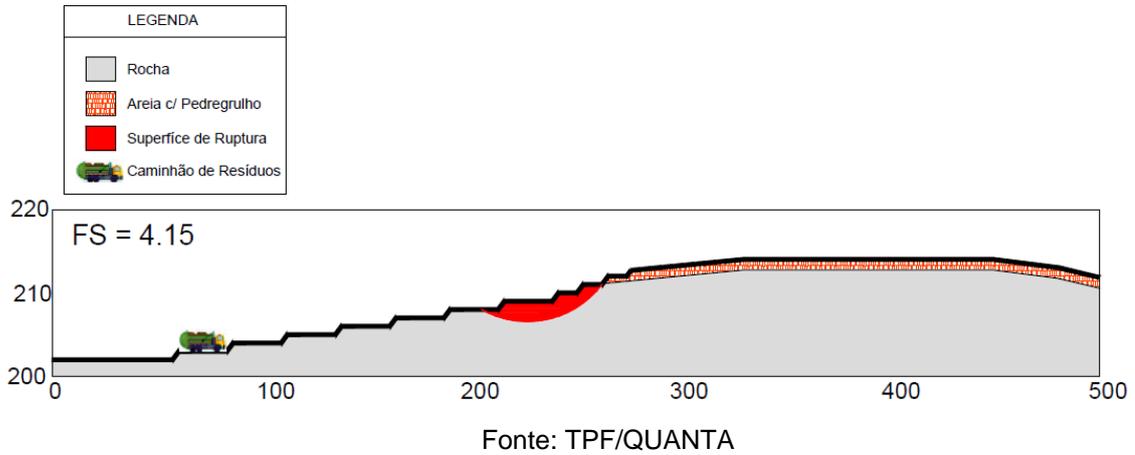


Figura 4.2:5: - Caso 2: Cenário 1 – após a deposição dos resíduos até a cota 207 (nível piezométrico de 1/3 da altura da célula), admitindo-se tratar de resíduo novo.

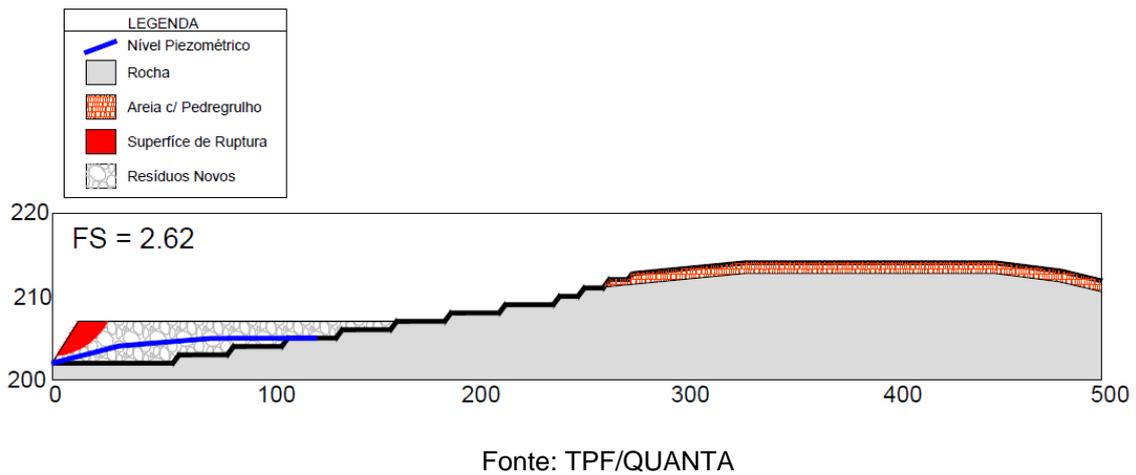


Figura 4.2:6: Caso2: Cenário 2 – Idem ao cenário 1, mas com ineficiência no sistema de drenagem (nível piezométrico: 2/3 da altura da célula).

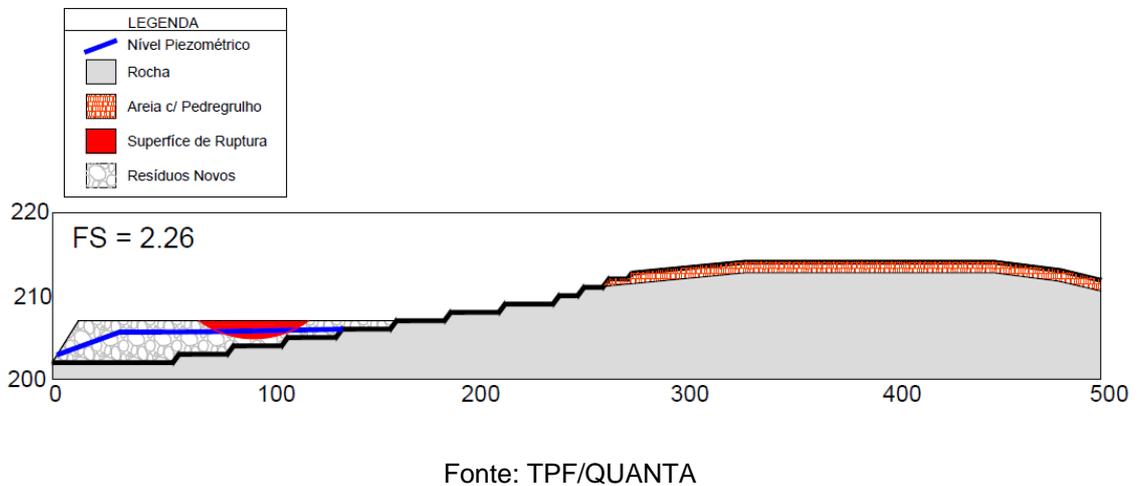
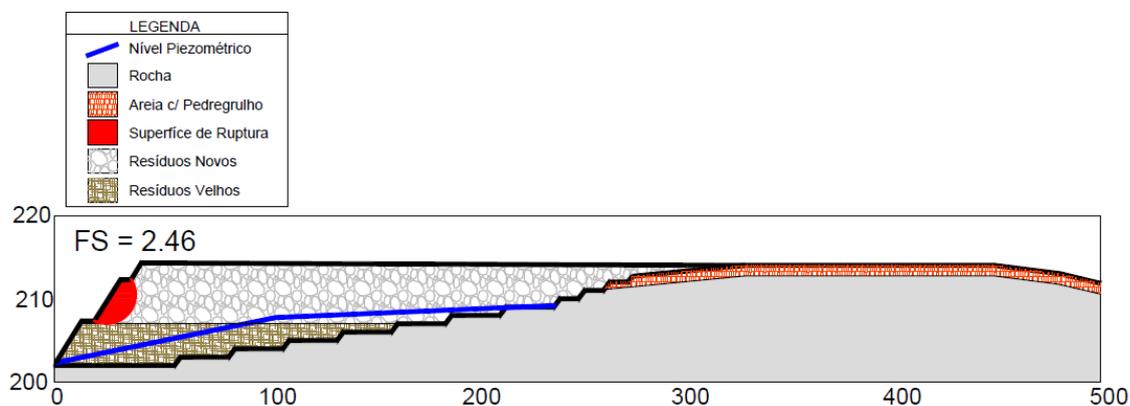
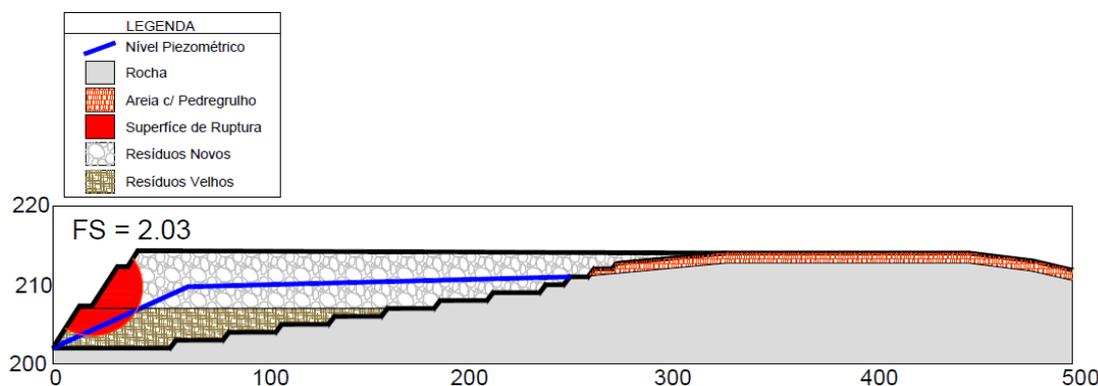


Figura 4.2:7: Caso 2: Cenário 3 – após a deposição dos resíduos até a cota final do projeto (214), considerando-se a diferença entre o resíduo velho e o resíduo novo (condição de eficiência na drenagem (nível piezométrico: 1/3 da altura da célula)).



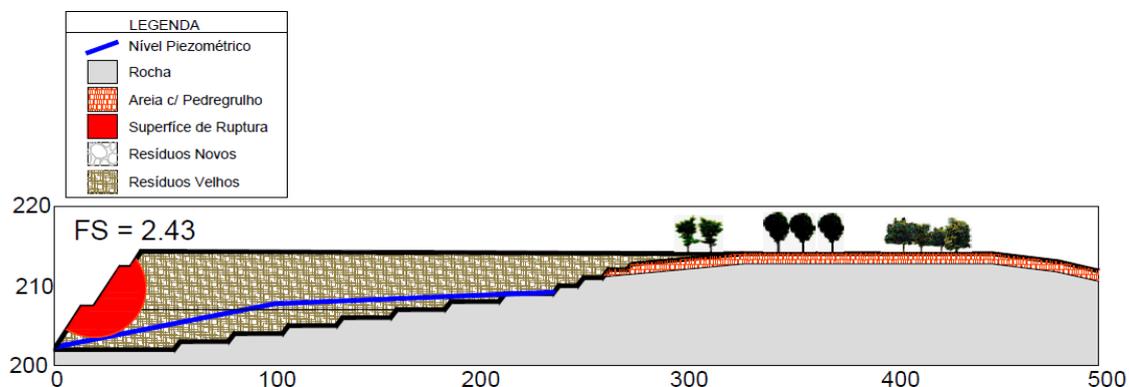
Fonte: TPF/QUANTA

Figura 4.2:8: Caso 2: Cenário 4 – Idem ao cenário 3, mas com ineficiência no sistema de drenagem (nível piezométrico: 2/3 da altura da célula).



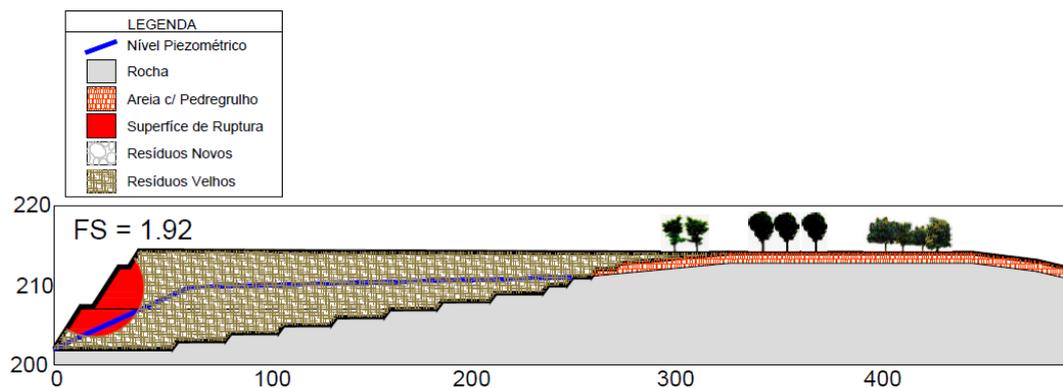
Fonte: TPF/QUANTA

Figura 4.2:9: Caso 2: Cenário 5 – após a deposição final dos resíduos até a cota de 214, considerando-se todo talude constituído de resíduo velho – (condição de eficiência na drenagem-nível piezométrico: 1/3 da altura da célula).



Fonte: TPF/QUANTA

Figura 4.2:10: Caso 2: Cenário 6 – Idem ao cenário 6, mas com ineficiência no sistema de drenagem (nível piezométrico: 2/3 da altura da célula).



Fonte: TPF/QUANTA

5- TERRAPLANAGEM DO ATERRO DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO

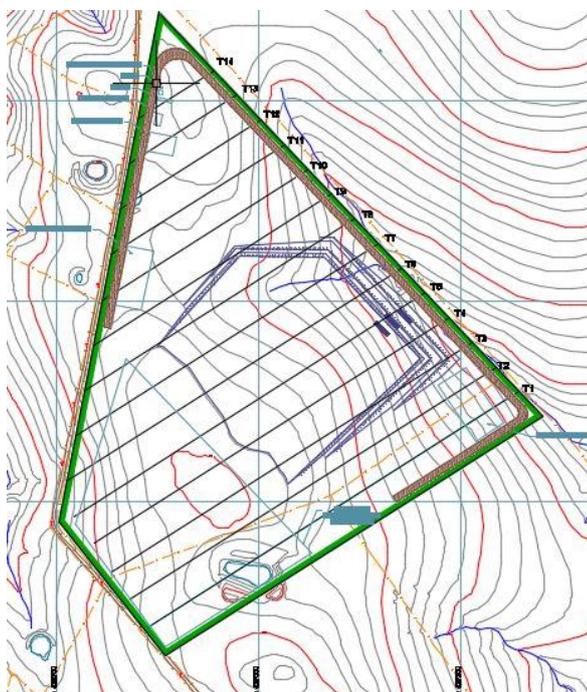


5. TERRAPLENAGEM DO ATERRO DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO

Os serviços de terraplenagem para reconformação topográfica das áreas associadas a geometrização devem ser realizadas, criando estruturas de bermas e taludes no local, visando a uniformização da geometria necessária para o Aterro de Canindé de São Francisco.

A Figura 5.1 apresenta o layout dos cortes transversais do Aterro de Canindé de São Francisco.

Figura 5:1: Layout dos cortes transversais do Aterro de Canindé de São Francisco



Os quantitativos de movimentação de terra são indicados no quadro 5:1.

Quadro 5:1: Quantitativos de movimentação de terra do Aterro de Canindé de São Francisco

QUADRO RESUMO	M ³
MOVIMENTAÇÃO TOTAL DE ATERRO (RESÍDUOS + TERRA)	31.576,38
ATERRO (10% DO TOTAL)	3.157,64
ATERRO + CORTE	37.439,75
VOLUME TOTAL DE CORTE (M ³)	5.863,38
COMPENSAÇÃO TOTAL (M ³)	2.705,74

Fonte: TPF/QUANTA, 2019

6 – DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE PROJETO



6. DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE PROJETO

6.1 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Nos projetos de aterros sanitários, deve-se considerar a execução de uma rede de drenagem eficiente para evitar a poluição e/ou contaminação ambiental de maneira mais acentuada, especialmente das águas superficiais e/ou subterrâneas, pelo lixiviado, bem como do biogás emitido. A finalidade básica dos sistemas de drenagem superficial é desviar as águas da bacia de contribuição para fora do local do aterro sanitário, reduzindo a produção do lixiviado.

As águas de chuva que caem sobre o aterro sanitário encerrado e em suas áreas vizinhas, muitas vezes escoam até ele, causando inúmeros transtornos. A maneira mais indicada de resolver esse problema é através da implantação de um eficiente sistema de drenagem de águas pluviais. O bom desempenho de um sistema de drenagem de água pluvial deve ser concebido a partir das seguintes premissas básicas:

- Permitir o rápido escoamento das águas que caem diretamente sobre essa área;
- Evitar que as águas das encostas cheguem à área mais plana e provoquem seu alagamento;
- Proteger a área dos escoamentos das águas que caem diretamente sobre ele;
- Interceptar os afluxos provenientes das encostas para evitar seu escoamento sobre as células.

O adequado funcionamento de redes de drenagens pluviais em aterros encerrados é normalmente dificultado pelos recalques que variam de 20 a 50% da sua altura inicial. Inclusive estes recalques tendem a ocasionar a inversão de declividades dos dispositivos de drenagem. Assim sendo, este projeto previu a execução de manutenções permanentes dos dispositivos de drenagem implantados sobre o aterro, visando corrigir as distorções na medida em que elas forem surgindo e garantindo a plena funcionalidade de todo o sistema.

No dimensionamento de uma rede de drenagem superficial, deve-se considerar dois fatores: a vazão a ser drenada e o tipo de estrutura drenante.

- A vazão a ser drenada:

A vazão a ser drenada é função de dois grupos de fatores inteiramente diferentes. O primeiro está relacionado ao clima e compreende: tipo de precipitação; intensidade,

duração e distribuição da chuva sobre a bacia; umidade do solo e outras condições climáticas que afetam a transpiração e evaporação. O segundo relaciona-se com as características da bacia drenante, tais como: utilização e tipo de solo; área; forma; altitude; declividade; orientação; tipo de drenagem efetiva e drenagem artificial.

- Determinação da Vazão de Projeto

A metodologia de cálculos hidrológicos para determinação das vazões de projeto foi definida em função da área analisada de 7,65 ha. Baseado nas medições obtidas através do programa AutoCAD, da planta do Aterro Sanitário de Canindé, a área efetiva das células é de aproximadamente 7,65 ha, enquadrando os cálculos hidrológicos ao Método Racional, conforme equação 1.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{6} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q = Vazão, em m³/s;

C = Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

i = Intensidade pluviométrica, em mm/min;

A = Área de drenagem, em ha;

- Estudos de Escoamento Superficial

Para o cálculo da vazão de projeto dos dispositivos da plataforma da estrada foi adotado o seguinte valor, de acordo com “Handbook of Applied Hidrology” (1964): C = 0,52.

Ressalta-se que o valor do coeficiente de escoamento superficial da bacia foi determinado a partir da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais.

- Chuvas Intensas

A determinação das chuvas intensas para uma dada bacia depende explicitamente de duas outras grandezas que são denominadas de tempo de retorno e tempo de concentração da bacia.

a) Período de Retorno

O período de retorno, "T", é definido como o intervalo médio, em anos, entre a ocorrência de uma chuva com uma determinada magnitude (intensidade e duração) e outra igual ou maior.

Nos projetos de obras destinadas a controle de enchentes, a escolha do período de retorno, a rigor, deveria ser feita a partir de uma análise econômica que cotejasse, de um lado, os seus custos de implantação, em função do período de retorno adotado, e, de outro, os prejuízos causados pela sua falha, em função da probabilidade de sua ocorrência (essa probabilidade é o inverso do período de retorno), onde a função de custo, formada por essas duas parcelas, tivesse o ponto de mínimo, seria definido o valor do período de retorno a adotar.

Em se tratando de obras de drenagem em bacias de pequeno porte, é quase sempre impossível fazer esse cotejo de modo realista, entre outros motivos, pelo fato de várias parcelas desses prejuízos, como dificuldade de locomoção em vias públicas, por exemplo, serem imponderáveis. Deste modo, a fixação do período de retorno para esses projetos, normalmente, é baseada no comportamento de obras existentes, ou seja, em valores já consagrados pela experiência. Em geral, para projetos do porte deste, esse período varia de 5 a 50 anos. Segundo a CETESB, recomenda-se para projetos de aterros de resíduos sólidos a adoção de um período de retorno de 5 anos.

b) Tempo de Concentração

Uma das premissas básicas da maioria dos modelos hidrológicos é que o deflúvio superficial direto depende da intensidade da chuva, durante o tempo requerido pela água para escoar desde o ponto mais remoto da bacia até o local de interesse, ou seja, com uma duração igual ao tempo de concentração da bacia naquele ponto.

Para as unidades de um sistema de drenagem urbana, galerias e canaletas, esse tempo compreende um tempo inicial de entrada, ou o tempo requerido pelo escoamento superficial para fluir, sobre a superfície, até a entrada dessa unidade, e um tempo de percurso, no conduto, até o ponto em estudo.

Considerando o Aterro Sanitário encerrado como uma bacia, e sendo de drenagem inferior a 100 ha, o tempo de concentração foi calculado pela fórmula de KIRPICH, publicada no "Califórnia Culverts Practice" (1956), expressa pela equação 2:

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right) \cdot 0,385 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

t_c = Tempo de concentração, em min;

L = Comprimento do talvegue, em km;

H = Desnível médio do talvegue, em m.

c) Intensidade da Chuva Crítica

Para determinação da intensidade da chuva crítica com períodos de retorno de 5 anos, pode-se utilizar a equação 3, que é aplicável às condições brasileiras:

$$i = 1/t_c [0,858.(0,54 t_c^{0,25} - 0,5). P(60,10)] \quad (\text{Equação 3})$$

Onde T é o tempo de retorno da chuva, em anos, e t o tempo de concentração da bacia, dado em minutos. O tempo de retorno adotado neste projeto foi de 5 anos, como já justificado anteriormente. O P(60,10) é a precipitação com duração de 60 minutos e período de retorno de 10 anos (mm), já ocorrida. O P(60,10) é mantido constante, mesmo para um período de retorno menor, como fator de segurança. De acordo com OTTO PFAFSTETTER, os valores de P(60,10) é de 167 mm para 80 localidades brasileiras (Fonte: "Chuvas Intensas no Brasil").

- Estrutura Drenante

A drenagem das águas de chuva no Aterro Sanitário de Canindé se fará por meio de canaletas retangulares, semicirculares e bueiros tubulares. A drenagem das áreas próximas a área de disposição de resíduo será realizada por canaletas retangulares revestidas em blocos de concreto com laje de fundo em concreto simples com 0,10 m de espessura. As canaletas semicirculares de concreto pré-moldado serão utilizadas no topo da célula com um diâmetro de 40 cm. Os bueiros circulares de concreto serão utilizados para travessias das águas pluviais. Vale ressaltar que, como as canaletas funcionarão em regime de escoamento livre, essas alternativas não interferirão no seu comportamento hidráulico. Foram previstas 3 saídas para águas pluviais da área do Aterro Sanitário de Canindé.

No dimensionamento hidráulico das canaletas, o regime considerado foi do tipo uniforme, tendo como expressão básica a equação de Manning, seguinte:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3}I^{1/2} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em m³/s;

n = coeficiente de rugosidade;

A = área da seção molhada, em m²;

R = raio hidráulico da seção molhada, em m; e

I = declividade do trecho, em m/m.

- Sistema de Drenagem Adotado e Cuidados Relativos à Implantação

O sistema de drenagem de água pluvial adotado compreende:

- Canaletas de berma;
- Descidas de água de talude em colchão reno;
- Dissipação em rachão;
- Canaletas retangulares em bloco de concreto;
- Travessias em bueiros tubulares de concreto;
- Proteção superficial com grama.

Antes do início da execução dos dispositivos supracitados, deverá ser realizada à marcação dos locais de implantação dos mesmos. Após marcação, iniciará à execução propriamente dita dos dispositivos da drenagem superficial definitiva.

- Canaletas de Berma em Concreto Pré-Moldado

As canaletas de berma das camadas de resíduo deverão ser implantadas com as características apresentadas nos desenhos de projeto. Previamente à implantação, a área deverá ser regularizada com solo argiloso compactado, a fim de corrigir eventuais depressões oriundas de recalques do aterro de resíduo. A seguir, deverá ser feita a escavação da vala para a sua implantação, sendo que todo o material oriundo desta operação deverá ser espalhado ao lado, evitando a formação de leiras que possam impedir o fluxo de água para a canaleta. A canaleta será pré-moldada de meia cana, assentada em valas de escavação manual, rejuntadas com argamassa de cimento e areia, conforme Figura 6:1.

Figura 6:1: Canaleta de Concreto Pré-moldado.



Foi adotada a fórmula:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} I^{1/2} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em m³/s;

n = coeficiente de rugosidade, adotou-se n = 0,013;

A = área da seção molhada, em m²;

R = raio hidráulico da seção molhada, em m; e

I = declividade do trecho, em m/m.

- Canaletas Retangulares de Concreto

Tem por finalidade coletar a água proveniente da superfície dos taludes de corte, impedindo que ocorra escoamento e conseqüentemente, iniciem-se os processos erosivos junto ao pé dos taludes, que podem vir a descalçar e desestabilizar os mesmos que escoam nas superfícies dos taludes e bermas. Previamente a sua implantação, a área deverá ser regularizada com solo argiloso compactado a fim de corrigir eventuais depressões oriundas de recalques do resíduo.

O dimensionamento também obedeceu a fórmula supracitada, porém, o coeficiente de rugosidade adotado foi n = 0,019. Esta canaleta deve possuir cerca de 50 cm de altura (além dos 10 cm em concreto magro) e 50 cm de largura de dentro a dentro (não inserindo a espessura dos tijolos). Seu comprimento é igual ao perímetro de base do aterro sanitário.

- Descida de Água em Colchão Reno

A fim de aduzir as águas coletadas pela canaleta de berma para fora do Aterro Sanitário, será implantada uma descida d'água em Colchão Reno revestida inferiormente com geomembrana impermeabilizante.

Os trabalhos deverão ser iniciados pela escavação da vala na área de implantação das mantas, com equipamentos apropriados. Todo material escavado deverá ser removido para fora da área em questão, devendo ser empregado no recobrimento das células em execução. Na sequência deverá ser feito o cobrimento do resíduo das áreas expostas com solo argiloso compacto assegurando um recobrimento de 0,60 m sobre o resíduo. Concluído o recobrimento, deverá ser feito o revestimento da área de implantação das descidas com manta geotêxtil, onde na seqüência serão instaladas as mantas gabião, os gabiões caixa e saco.

Quando instalado e preenchidos com pedra, os Colchões Reno se convertem em elementos estruturais drenantes, armados, e, devido a sua flexibilidade e pequena espessura, são especialmente indicados na construção de revestimentos para canais, barragens em terra, escadas dissipadoras e outras.

O dimensionamento foi baseado em procedimentos realizados pelo DER para cálculos de escoamento de descidas d'água de tipo rugoso segundo Hartung/Scheuerlein.

As descidas deverão ser realizadas em colchão reno. Assim pela Tabela do DER, tem-se para $i = 33\%$, e $Q = 0,50 \text{ m}^3/\text{s}$:

- Diâmetro da pedra = 25 cm
- $h = 30 \text{ cm}$
- $B = 2,50 \text{ m}$
- $v = 3 \text{ m/s}$

Para cada descida deve ser implantada as caixas de passagem conforme planta de geral de drenagem pluvial. Ao todo serão 08 caixas de passagem com dimensões já apresentadas.

- Gabiões Tipo Caixa

O gabião tipo caixa será construído no eixo central do aterro para dissipação da energia hidráulica das águas coletadas, evitando, desta forma, velocidades elevadas de escoamento, que podem provocar erosão do solo no ponto de lançamento d'água, ou às margens da canaleta, se houver extravasão, além de provocar desgaste acentuado do material de revestimento. Em cada berma, da descida, deverá ser implantada uma caixa conforme detalhes de planta.

- Travessia em Bueiros Tubulares de Concreto

No Aterro Sanitário encerrado de Canindé existirão nas três descidas de águas pluviais, travessias, conduzindo a água de chuva para as áreas circunvizinhas e/ou para uma outra linha de drenagem existente no outro lado da via. No entorno do aterro, a linha de drenagem de água pluvial coincide com a linha de drenagem de lixiviado existente, daí a importância do encaminhamento das águas através destas travessias.

As travessias em bueiros sob a via principal serão executadas com tubulações de concreto nas três saídas de águas pluviais do terreno onde inevitavelmente é necessário o escoamento das águas sob a via principal para não atrapalhar o tráfego de caminhões coletores e carretas no aterro nas estações chuvosas, bem como evitar o escoamento para o sistema de evaporação.

As travessias serão executadas em valas de dimensões apropriadas às tubulações previstas. Após a escavação, cada vala deverá ser preparada de forma a garantir um fundo uniforme e com a declividade indicada nos desenhos de projeto. Após a regularização do fundo, será feito o berço da tubulação com brita e/ou concreto magro. A seguir, serão lançados os tubos e executado o preenchimento da vala com solo compactado.

Para o cálculo de bueiros de concreto foi utilizado um coeficiente de rugosidade $n = 0,019$. Por este princípio já está considerado o aumento da rugosidade que ocorre com o passar do tempo.

Também nestes casos devem ser respeitadas as dimensões comerciais para facilitar a utilização de pré-moldados. Para os bueiros tubulares de dimensões geralmente utilizadas sob as vias principais, resultam nos valores característicos apresentados na no Quadro abaixo.

Quadro 6:1: Dados geométricos de bueiros tubulares.

D (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)
0,80	0,56	0,376	1,586	0,237
1,00	0,70	0,587	1,982	0,296
1,20	0,84	0,846	2,379	0,356
1,50	1,05	1,321	2,973	0,444

B (m) – Diâmetro interno do bueiro;

h (m) – Nível de água;

A (m²) – Área Molhada;

P (m) – Perímetro molhado;

R – Raio Hidráulico.

A travessia sob a via será realizada por meio de bueiros tubulares de concreto com diâmetro de 0,80 m, com inclinação de 1%, mesmo as passagens sob as vias secundárias possuindo menor vazão de escoamento e a possibilidade de dissipação de energia devido a pequena queda d'água anteriormente a passagem.

- Caixa de Passagem em Alvenaria Estrutural

Sempre que ocorrer mudanças de direção ou confluência de canaletas de drenagem, serão instaladas caixas de passagem com as características indicadas nos desenhos de projeto.

As caixas de passagem terão suas lajes de fundo executadas em concreto magro e as paredes em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Serão resultados da adaptação das formas e dimensões das canaletas afluentes e efluentes às condições locais. Sempre que possível, nas caixas de passagem, serão previstos degraus de dissipação para adequação do fluxo.

As caixas de passagem serão construídas concomitantemente às canaletas e com os mesmos métodos empregados na construção destas.

6.2 CÁLCULO DA VAZÃO MÉDIA DE PERCOLADO

Para o cálculo da quantidade de água infiltrada e vazão, o método utilizado será o método do Balanço Hídrico com simplificações.

Pelo método do Balanço hídrico, a quantidade de água percolada é:

$$Perc = P - ETP - ES - ARM \quad (\text{Equação 6})$$

P = precipitação média mensal (mm);

ETP = Evaporação média mensal (mm)

ES = escoamento superficial (mm)

ARM = Água armazenada no solo (mm).

Por conservadorismo, iremos considerar $ES = 0$ e $ARM = 0$, então:

$$Perc = P - ETP \quad (\text{Equação 7})$$

A vazão de lixiviado é calculada como:

$$Q_{PERC} = \frac{PERC \times A \times K}{\Delta t} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

Q_{perc} = vazão percolada

A = área do aterro ocupada pelas células de rejeito (m^2) = 76.389,63 m^2 (estimada)

K = coeficiente de infiltração em função das características do solo de cobertura para solos argilosos: $K = 0,10$

P_{ER} : para vazão máxima mensal: $P_{ER} = (P - E)$

Δt = mensal = $30 \times 86.400 = 2.592.000$ s

O Quadro 6.2 que apresenta a séria histórica da Estação de Paulo Afonso para o período de 1961 a 1990. Consideramos como balanço hídrico simplificado a diferença entre a precipitação e a evaporação total do item 3.2.4 (balanço hídrico simplificado).

Quadro 6:2: Estimativa do Balanço Hídrico.

Mês	Temperatura Média Mensal (°C)		Precipitação (P) (mm)	Evaporação Total (ETP) (mm)	P-ETP (m m)
Jan		27,40	61,30	276,00	214,70
Fev		27,20	54,80	224,90	170,10
Mar		27,10	92,90	215,50	122,60
Abr		25,50	81,30	176,00	94,70
Mai		24,20	55,00	159,00	104,00
Jun		23,60	61,30	130,00	68,70
Jul		23,00	52,80	140,00	87,20
Ago		23,50	25,40	193,50	168,10
Set		24,90	18,10	243,30	225,20
Out		26,40	15,30	302,10	286,80
Nov		27,70	17,80	309,00	291,20
Dez		27,30	46,80	279,40	232,60
Soma		25,60	582,80	2.648,70	2.065,90

Fonte: INMET, Normais Climatológicas (1961 – 1990). Brasília, INMET, 1992.

Avaliando os dados, observa-se que:

- Não existe nenhum mês com excedente hídrico;
- A consideração para o cálculo de $PERC = P - ETP$ será sempre negativo. Assim, a princípio não teríamos geração de lixiviado.

Porém, esta afirmação não é possível considerar no projeto. Assim, analisando os dados apresentados e por segurança operacional, a definição da vazão de lixiviado considerou apenas a precipitação dos quatro meses de menor deficiência hídrica, o que significa os meses de abril, maio, junho e julho.

Assim, temos que:

$$PERC = \text{Precipitação (mm)} = 81,30 + 55,00 + 61,30 + 52,80 = 250,40 \text{ mm}$$

$$\text{Área de disposição de resíduos} = 76.389,63 \text{ m}^2$$

$$K = 0,1$$

$$\text{Tempo referente aos quatro meses de precipitação (s)} = 10.368.000 \text{ segundos}$$

A vazão de lixiviado é calculada como:

$$Q_{PERC} = \frac{PERC \times A \times K}{\Delta t} \quad (\text{Equação 8})$$

$$Q_{PERC} = \frac{250,40 \text{ mm} \times 76.389,63 \text{ m}^2 \times 0,1}{10.368.000 \text{ s}} = 0,18 \text{ l/s} = 15,61 \text{ m}^3/\text{dia}$$

6.3. SISTEMAS DE DRENAGEM DE LIXIVIADO

O sistema de drenagem de lixiviado visa coletar e encaminhar para a Unidade de Tratamento de Lixiviado, os líquidos lixiviados através da massa de resíduos, evitando o comprometimento dos corpos hídricos superficiais e/ou subsuperficiais devido à elevada carga poluidora presente.

A drenagem geral do lixiviado na fundação do aterro sanitário será constituída de drenos principais, drenos secundários e poços verticais de drenagem. Na superfície de contato entre o resíduo e o solo de alteração ou a rocha deverá ser previamente recoberta com solo argiloso compactado e, sobre tal camada, devendo-se instalar drenos principais transversais às linhas de maior aclive da superfície de fundação (drenos principais). Estes drenos serão de tudo de concreto CA-2 perfurado com diâmetro de 0,30 m e envoltos de uma camada de diâmetro de 10 cm de brita nº 4.

a) Sistema de Drenagem Interna de Lixiviado

A drenagem interna do maciço sanitário será efetuada pelos poços verticais (que servirá de dreno de gás), e por drenos granulares internos a cada camada de resíduo (drenos horizontais), que encaminharão o líquido lixiviado coletado aos poços. Os drenos horizontais serão de brita nº 4 terão um diâmetro de 30 cm.

Estes Drenos horizontais serão implantados em todas as camadas do aterro com as seguintes características:

a) Uma linha de drenos ao longo da parte interna do pé do talude da célula, de maneira a coletar os líquidos lixiviados, impedindo a ocorrência de acúmulo de lixiviado junto a base do talude e posterior passagem para a área externa da camada de cobertura do talude (drenos anelares), denominados drenos de fundação e serão compostos por drenos principais, secundários e anelar de fundação;

b) Linha de drenos destinados a interligar os drenos horizontais com os drenos de gás e lixiviado, denominados drenos horizontais de chorume das células de resíduo.

As Figuras 6:2, 6:3 e 6:4 ilustram a execução da drenagem de lixiviado.

Figura 6:2: Execução da drenagem de lixiviado.



Figura 6:3: Execução da drenagem de lixiviado.



Fonte: TPF/QUANTA

Figura 6:4: Execução da drenagem de lixiviado.



Fonte: TPF/QUANTA

b) Coleta e encaminhamento do Lixiviado

O lixiviado coletado pelos drenos internos do aterro será conduzido a 2 poços de visita. A função destes poços será de receber as vazões geradas e encaminhá-los para a estação de tratamento de lixiviado. Cada poço de visita terá dimensão de 1 metro de profundidade por 2,0 metros de comprimento e largura e tempo total de acumulação de lixiviado de 6 horas. Deverá ser revestido interna e externamente com argamassa impermeabilizante. Do último poço sairá a tubulação até a unidade de tratamento de lixiviado.

c) Dimensionamento do Sistema de Drenagem de Lixiviado

i) Drenos de Fundação: Drenos Principais, Secundários e Drenagem Anelar

A drenagem de lixiviado será realizada por drenos principais e secundários. O escoamento através de estruturas subsuperficiais em aterros sanitários (drenagem de lixiviado) se dá, em geral, dentro da faixa de transição entre o regime laminar e o regime turbulento.

A equação mais adequada para descrever o escoamento através de meios porosos, nesta faixa de domínio, é a equação de Wilkins, aplicável aos escoamentos com número de Reynolds entre 1,0 e 3.000 ($1,0 < Re < 3.000$).

Para os materiais utilizados como drenos de lixiviado (rocha britada), admitindo escoamento à superfície livre, a equação é:

$$V = C_v \cdot I^{0,54} \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

V = velocidade média de percolação (cm/s)

$C_v = 20,86$ (cm/s) (para Brita 4).

I = inclinação do dreno = 0,5%

$$V = 20,86 \times (0,005)^{0,54}$$

$$V = 1,19 \text{ cm/s} = 0,0119 \text{ m/s}$$

Considerando que a seção transversal do dreno (S') pela equação da continuidade é:

$$S' = \frac{Q}{V} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

Q = vazão a ser drenada (função da precipitação passível de se infiltrar)

$$Q_{PERC} = \frac{PERC \times A \times K}{\Delta t} = 15,61 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Assim,

$$S' = \frac{13,79}{0,0119} = 0,0155 \text{ m}^2$$

Considerando o fator de segurança igual a 2 temos que a seção transversal do dreno (S):

$$S = 2 \times S' \quad (\text{Equação 11})$$

$$S = 2 \times 0,0155 \text{ m}^2$$

$$S = 0,031 \text{ m}^2$$

Considerando o dreno com seção retangular, onde:

$$S = B \times H$$

$$B = 2 H$$

$$H = 0,12 \text{ m}$$

$$B = 0,25$$

Considerando que o sistema de drenagem de gases terá um diâmetro de 300 mm, então foi necessário aumentar as dimensões do sistema de drenagem de lixiviados para que que ocorra a interligação entre os sistemas de drenagem. Assim, as dimensões de projeto para os drenos principais, secundários e do entorno da célula será de:

DIMENSIONAMENTO: (ver Planta No. 12 detalhamento da drenagem de lixiviados)

Drenos de fundação:

Dreno Principal: Tudo de concreto de 300 mm diâmetro recoberto por uma camada de 100mm de brita

Dreno Secundário: Vala retangular de 300 mm de largura

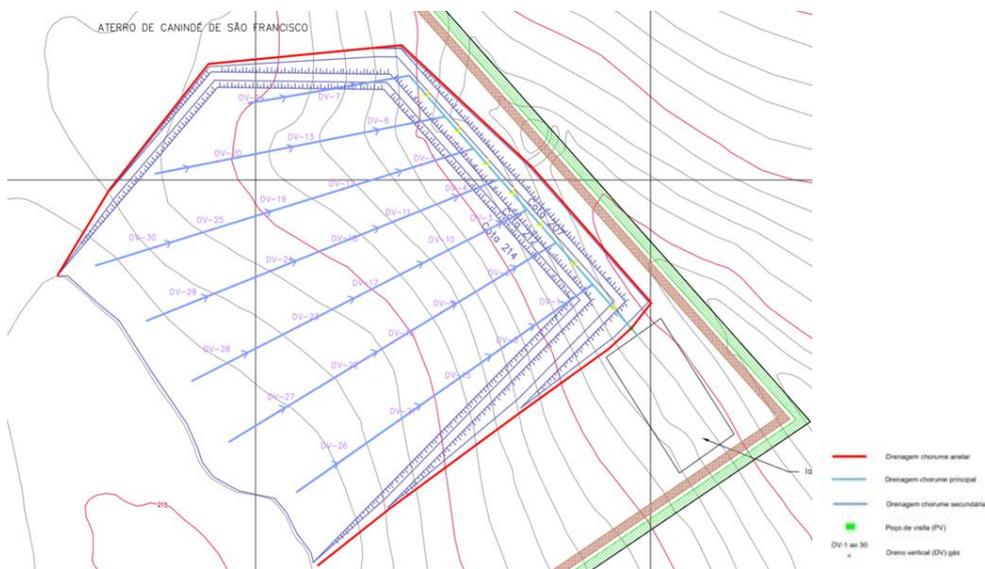
Dreno anelar: Vala retangular de 300 mm de largura

Drenos horizontais de chorume das células de resíduo (drenos intermediários):

Dreno: Vala retangular de 300 mm de largura

A Figura 6:5 ilustra a distribuição do sistema de drenagem de lixiviados da célula de disposição final do aterro sanitário de Canindé.

Figura 6:5: Distribuição do sistema de drenagem de lixiviados de fundação



Fonte: TPF/QUANTA

ii) Poços de Visita

Considerando que:

Vazão = 15,61 m³/dia

Horas = 6 horas

Volume = 3,90 m³

Dimensões do Poço:

Profundidade = 1 metro

$A = B \times H = 3,90 \text{ m}^2$

Largura = Comprimento = 1,97 metros = 2,0 metros

Poços de Visita
Valor Adotado no Projeto:
Tempo de Acumulação Total: 6
horas
Profundidade = 1,00 m
Largura = Comprimento = 2,0 m

6.4 SISTEMA DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO

Para a previsão do volume de líquidos a ser tratado considera-se o chorume que é gerado na decomposição da matéria orgânica e pelo lixiviado decorrente da percolação de líquidos no interior do aterro. Estes valores foram utilizados para o dimensionamento da Unidade de Tratamento de Lixiviado – ETL.

Neste sentido, a precipitação pluviométrica e o balanço hídrico da área do aterro influenciam na quantidade de líquidos gerados e o processo de decomposição da matéria orgânica influencia na qualidade do lixiviado a ser tratado.

Assim, normalmente o volume de líquidos gerado varia com a precipitação pluviométrica, a evaporação, o escoamento superficial, a altura do nível do lençol freático (se este perpassa a massa do aterro) e a umidade (intrínseca e aderida) dos resíduos aterrados. Existem outros fatores que alteram a quantidade e a qualidade do chorume, tais como: a idade do aterro, a temperatura, a permeabilidade do maciço de resíduo (função da maior ou menor eficiência das operações de compactação e recobrimento), bem como a degradabilidade dos resíduos pela via anaeróbia. Para aterros “velhos” é de se esperar maior grau de estabilização da fração orgânica biodegradável dos resíduos aterrados e, portanto, um chorume com menor carga orgânica. Em geral, é previsível uma elevação do teor de carga orgânica do chorume até 5 a 8 anos e, em seguida, decréscimos sucessivos até a completa estabilização, em períodos da ordem de 30 anos ou mais.

A complexidade dos processos iterativos físicos, químicos e biológicos, envolvidos na geração do chorume, bem como de seu fluxo hidráulico num meio intrinsecamente

heterogêneo explicam a grande variação dos valores das concentrações dos constituintes do chorume. Tem-se observado, por exemplo, em aterros sanitários convencionais, variações da DBO_5 de 2.000 a 30.000 mg/l; da DQO, de 3.000 a 60.000 mg/l; da dureza total, de 100 a 10.000 mg/l; do nitrogênio amoniacal, de 10 a 800 mg/l, entre outros.

6.4.1 Concepção e Dimensionamento do Sistema de Tratamento

Baseado no balanço hídrico da região, que apresenta historicamente déficit mensal, conforme apresentado no item acima, e o sistema de tratamento de lixiviados consiste basicamente em uma unidade de acumulação e evaporação do possível lixiviado gerado, denominada a partir de agora de lagoa de evaporação.

Esta unidade tem como finalidade o acúmulo do lixiviado em períodos chuvosos e a evaporação do mesmo em períodos de estiagem. Assim sendo, projetou-se a mesma com uma pequena lâmina de lixiviado (1,5 metro) e tempo de detenção de 365 dias, isto é, 1 ano.

Salienta-se que devido ao déficit hídrico negativo para todos os meses e ao tempo de detenção bastante elevado, não será necessário nenhum sistema de descarte de lixiviado tratado para córregos ou riachos.

Assim, o dimensionamento da lagoa de evaporação é:

Altura útil = 1,50 metros

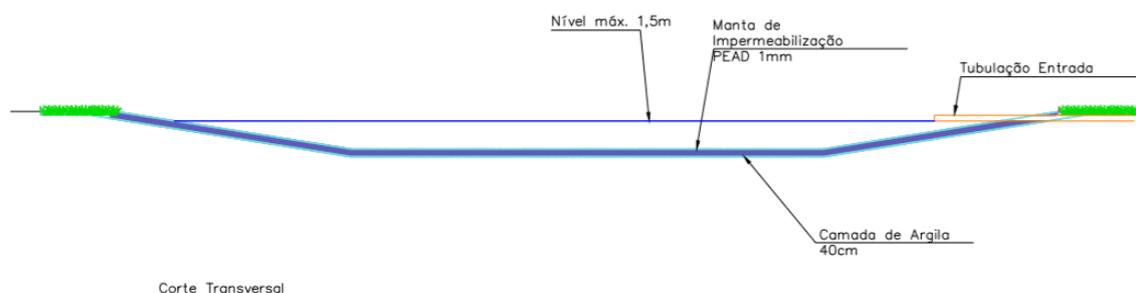
Largura maior = 50 metros

Largura menor = 25 metros

Comprimento = 100 metros

A Figura 6:6 apresenta o desenho esquemático da lagoa de evaporação.

Figura 6:6: Perfil esquemático da Lagoa de evaporação.



6.5 SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE GASES

O sistema de drenagem de gases a ser implementado no aterro sanitário tem por finalidade retirar os gases gerados no processo de degradação, de forma a aliviar as pressões internas que ocorrem no maciço, garantindo a estabilidade geotécnica dos taludes e, conseqüentemente, a segurança da obra, e garantindo a sua queima nos níveis superiores, controlando a emissão dos gases à atmosfera.

A concepção deste sistema consiste na implantação de drenos verticais que permitam a drenagem dos gases e sua combustão em queimadores diretamente instalados nos drenos. Além desta função principal, o sistema será projetado de modo a funcionar também como facilitadores ao escoamento vertical dos líquidos no interior da massa de resíduo. A interligação do sistema de drenagem de gases e de lixiviado sendo realizada na base do aterro é de grande importância para a não obstrução e comprometimento dos drenos de gases pelo lixiviado.

Os queimadores ou flares serão colocados individualmente em cada dreno vertical. Desta maneira, cada dreno poderá ter sua eficiência monitorada isoladamente, além de permitir uma melhor investigação na massa de resíduo circundante. O sistema de drenagem não terá inicialmente extração forçada de gases, portanto os gases serão drenados livremente à pressão atmosférica. Caso a operação do aterro sanitário opte pela coleta, utilização dos gases ou até pela queima em um único ponto central, o mesmo poderá ser adaptado sem necessidades de grandes alterações à concepção inicial prevista ao sistema.

Os drenos verticais projetados para este aterro são constituídos por peças ou tubos perfurados de concreto armado (CA-2) envolvidos por pedras britadas e por um queimador tipo flare devidamente adaptado aos diferentes tamanhos diametrais encontrados.

6.5.1 Dimensionamento dos drenos de gás

O processo de geração de gases varia bastante em função de diferentes características do aterro e dos resíduos. Dentre as causas que afetam a produção do biogás, pode-se citar: fração orgânica, umidade e temperatura do resíduo, interação dos fatores físico-químicos e microbiológicos existente na massa de resíduo, dimensões das

células, densidade da massa aterrada, e influência das condições atmosféricas (entrada de oxigênio) no aterro, entre outros. Para o caso específico deste aterro, baseados em literaturas de diversos países, algumas considerações particulares foram tomadas para se chegar ao potencial de produção de gases do resíduo em questão.

Do ponto de vista da produção de biogás por cada tonelada de resíduo com 60% de matéria orgânica e 30% de umidade, calculamos uma produção teórica de aproximadamente 200 m³/ton (Gandolla *et. al* 1995). Esta produção se dá ao longo do período em que o resíduo sofre o processo de decomposição. Este período também varia com os condicionantes acima citados, mas a maior parte desta geração se dá antes dos 20 anos. Baseados nestes dados e seguindo modelos matemáticos, adotamos uma taxa de produção máxima de 15 m³/ton/ano. Este foi o valor utilizado para o dimensionamento dos drenos no Aterro Sanitário de Canindé do São Francisco.

A massa de resíduo que é influenciada por um único dreno precisa ser quantificada para se estimar a vazão de gás a ser captada no dreno. Esta determinação depende de vários fatores, como as alterações do gradiente de pressão interno-externo à célula, densidade do resíduo e permeabilidade horizontal dos resíduos ao gás. Em geral, a influência do dreno no resíduo se dá radialmente ao seu eixo vertical, perfazendo assim uma forma cilíndrica quando levado em consideração à sua profundidade. Para se determinar o volume real de influência do dreno, temos que subtrair do volume total do cilindro a parte que se encontra fora dos limites da célula.

Como visto em diversas literaturas (Fernandez *et. al* 1995 e Thrupp *et al.* 1997), o raio de influência destes drenos varia de 20 a 40 metros a depender dos fatores anteriormente citados. Por garantia, para este projeto, adotou-se drenos com raios de influência de 20 m.

Uma vez determinado o volume de resíduo e a vazão de gases a ser captado pelo dreno, necessita-se prever a velocidade de escoamento dos gases na tubulação. O principal fator responsável por alterações na velocidade do gás é o gradiente de pressão entre a entrada e a saída do dreno. Outros fatores como a porosidade, rugosidade e conexões da tubulação podem alterar a velocidade, mas em menores proporções numa situação de drenagem livre a pressão atmosférica.

Normalmente as pressões internas observadas nos aterros sanitários são muito baixas, próximo a 3,0 kPa. A faixa de variação da velocidade do gás na saída dos drenos 86

são entre 0,03 m/s (para 1 kPa) a 0,36 m/s (para 3kPa). Com base nestas informações, adotou-se para o dimensionamento dos drenos de gases a velocidade de escoamento de 0,08 m/s.

A memória de cálculo resumida do dimensionamento dos drenos verticais de gases está apresentada no Quadro 6:3.

Quadro 6:3 – Memória de cálculo resumida do dimensionamento drenagem vertical de gases.

Raio de influência (m)	Profundidad e. (m)	Vol. influência (m ³)	Vazão média biogás (m ³ /h)	DN(mm)	Quantidade de Drenos
20	12	13.194,30	19,20	300	30

Fonte: TPF/QUANTA

Orifícios para passagem do gás

As tubulações utilizadas em drenos verticais necessitam ser dotadas de orifícios distribuídos ao longo de seu comprimento para passagem dos gases presentes na massa de resíduo para o interior das tubulações. O tamanho destes furos deverá ser ajustado de modo a permitir o escoamento satisfatório dos gases sem comprometer a estabilidade das peças.

O diâmetro do furo também é uma função do gradiente de pressão na qual o dreno estará submetido. Assim, quanto maior for a diferença de pressão menor deverá ser o tamanho destes orifícios para escoar uma determinada vazão de gás. Como este sistema está submetido a baixas pressões (drenagem livre a pressão atmosférica), houve a necessidade de escolher um diâmetro relativamente grande para aumentar a eficiência do dreno. Por outro lado, não se pode aumentar demasiadamente o mesmo, pois os orifícios devem ter tamanho inferior ao das britas que envolvem o tubo. Desta maneira, se evitará perdas excessivas de brita durante a elevação do dreno. O tamanho do orifício adotado foi de 3,0 cm de diâmetro.

O espaçamento dos orifícios foi o mesmo sugerido na literatura do Army Department (USA) para drenagem não forçada, como sendo de 15 cm (centro a centro) no sentido horizontal e vertical. O detalhamento do plano de furo para cada tubo está mostrado nas plantas que serão apresentadas no projeto executivo.

- Medidas de Proteção aos Drenos

As medidas de proteção adotadas visam aumentar a eficiência de captação dos gases e a durabilidade dos drenos verticais. Além destes aspectos técnicos, outros objetivos como segurança contra acidentes pessoais também foram enfocados.

A principal proteção constitui-se na camada de brita que envolve o dreno. Esta camada deve ser dimensionada para não permitir o contato do resíduo diretamente com o dreno (diminuição da possibilidade de tamponamento dos orifícios) e também para facilitar o escoamento vertical de lixiviado para o sistema de drenagem da base da célula.

Para facilitar a execução da mesma, deve-se usar uma tela de aço, tipo Telcon ou similar, para confinamento da brita não permitindo assim perda de pedras para dentro da massa de resíduo. O espaçamento entre fios da tela deve ser menor ou igual a 10 cm (transversal e longitudinal), sendo obrigatoriamente inferior ao diâmetro médio da pedra rachão. O diâmetro externo do dreno vertical (diâmetro da camada de brita) utilizado neste projeto foi aproximadamente 40 cm maior que o diâmetro interno do tubo.

Com o objetivo de dar segurança aos operadores do aterro, os drenos verticais precisam também de anteparos (placas de aço galvanizado com furo central) para evitar perdas de materiais e pequenos equipamentos para dentro das tubulações durante e após a sua conclusão.

- Método construtivo

O sistema construtivo dos drenos verticais é bastante simples. A principal concepção construtiva dos mesmos é baseada na elevação da tubulação conforme a massa de resíduo for sendo alteada. As peças de concreto serão apenas sobrepostas com encaixe do tipo ponta-bolsa. Os tubos de concreto já deverão estar perfurados conforme o plano de furos especificado para cada tubulação. Da mesma forma que o dreno for ganhando altura, a camada de brita que o envolve deverá ser executada. Para facilitar o posicionamento das britas e separá-la do resíduo, usa-se a tela de aço do tipo Telcon ou similar, conforme especificado anteriormente. As Figuras 6:7 e 6:8 ilustram como deverá ser o sistema de drenagem de gases.

Figura 6:7: Sistema de Drenagem de Gases



- Flares

A queima dos gases gerados no aterro é fundamental para a diminuição da poluição atmosférica, uma vez que os efeitos da liberação do biogás com elevada concentração de CH_4 é mais prejudicial ao meio ambiente. Queimadores ou flares são dispositivos instalados nos drenos verticais para realizar esta queima, podem ser de diversos tipos (aberto e fechado) e tecnologias (dispositivos de segurança, ignição, alarme, entre outros.). O limite de emissão de gases poluente estabelecido para cada região é um importante fator que determinará a tecnologia e o tipo de flare a ser adotado.

Para este projeto foi adotado um flare bastante simples, do tipo aberto com ignição manual, visando uma redução de custos de todo o sistema. Este flare possui também um sistema manual de controle da entrada de ar e um dispositivo de proteção de chamas para evitar a extinção da mesma em decorrência da ação do vento. Os drenos situados próximo às vias de acesso ou a circulação de pessoas devem ter a altura do flare elevada para uma cota de 2,5 m acima da cobertura. Este prolongamento deve ser executado com um tubo de aço galvanizado de 2", devendo o mesmo ser chumbado na tampa de concreto superior do dreno vertical.

O procedimento de fixação do flare no dreno vertical também é simples, sendo parafusado em uma placa de aço galvanizado anteriormente chumbada numa tampa de concreto na saída do dreno vertical. Durante a fixação, verificar também o posicionamento do furo da placa com o alinhamento do eixo do flare.

Como forma de evitar eventuais acidentes ocasionados por mudanças bruscas na direção das chamas, deve-se realizar o isolamento num raio de 5 m de distância dos flares localizados próximos à circulação de pessoas ou máquinas.

- Especificações Técnicas – Detalhes na Planta de detalhamento dos drenos de gases

- Dreno

Material: Concreto armado tipo CA-2, perfurado.

Tipo de cimento: CP-IV, para ambientes agressivos.

Altura de cada tubo: 1,0 m.

Diâmetro interno do tubo: 300 mm.

Diâmetro externo do tubo: Média de 50mm maior que o ϕ interno.

Diâmetro da camada de brita: 400 mm maior que o ϕ dos tubos de concreto.

Encaixe: Ponta e bolsa.

Plano de Furos: Verificar plano de furos para cada dreno nas plantas em anexo.

Tela: telcon Q-138 ou similar, espaçamento entre fios ≤ 10 cm.

Pedra britada: rachão, diâmetro entre 10 e 15 cm.

- Queimador (flare)

Flare: Tipo aberto, fabricado em aço inox, dotado de sistema de controle manual de entrada de ar e de proteção das chamas com chapas de aço inox (esp.= 1/8”).

6.6 IMPERMEABILIZAÇÃO INFERIOR

Um dos principais aspectos geotécnicos a ser considerado para a implantação de um aterro sanitário é a permeabilidade do solo de fundação.

Segundo a norma NBR 13896/97 “Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação”, entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de espessura mínima de 1,50 m de solo não saturado. Neste contexto, como o nível do lençol freático não foi detectado em sondagens realizadas na área, e a permeabilidade do solo não saturado que será utilizado para a impermeabilização de fundo é entorno de 10^{-6} cm/s (inferior a 5×10^{-5} cm/s, estabelecido pela Norma 13896/97) *não seria necessário à construção de uma camada de solo impermeabilizante na fundação do aterro, porém por medidas de segurança, o terreno*

utilizado para implantação das células, de resíduos domiciliares e públicos, será colocada uma camada de 60 cm de solo argiloso compactado, com permeabilidade de 10^{-6} cm/s, com a finalidade de prevenir qualquer infiltração através de possíveis falhas existentes no maciço rochoso.

Vale salientar que segundo a CETESB de São Paulo, locais onde as condições hidrogeológicas são boas (distância entre a fundação do aterro e o lençol freático superior a 3,0m) e onde o solo de fundação do aterro possua permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s, não se necessita de qualquer impermeabilização de fundo. Neste sentido, a princípio, o projeto adotará uma camada de solo argiloso compactado de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s.

A jazida onde será obtido o material para a impermeabilização de fundo está localizada próxima a área do aterro sanitário.

6.7 IMPERMEABILIZAÇÃO SUPERIOR

Existem três tipos de cobertura de resíduos num aterro sanitário, aquela que se processa diariamente, nas atividades normais de deposição de resíduo e a cobertura final do aterro, a ser feita nos locais onde a deposição já se encerrou.

a) Cobertura Diária

São muitos os benefícios advindos da execução da cobertura diária dos resíduos. Tal cobertura promove uma melhor apresentação visual do aterro, melhora as condições de acesso à célula de resíduo, reduz significativamente o transporte de resíduo leve (papel, entre outros.) pelo vento, reduz os riscos de transmissão de doenças por vetores, diminui odores, reduz a ocorrência de pontos de fogo e ajuda na atenuação do lixiviado.

Assim sendo, é importante que tal camada funcione adequadamente e não seja destruída, principalmente, por erosões provocadas por águas superficiais não controladas. Tal cobertura diária será executada solo dos cortes realizados com uma espessura máxima de 15 cm. Se necessário, nas épocas de chuva, pode-se utilizar manta plástica para evitar a infiltração das águas na massa de resíduo.

b) Cobertura Intermediária

Necessária naqueles locais onde a superfície ficará exposta por mais tempo, aguardando a conclusão de um patamar para início do seguinte. Tem como funções: a promoção de melhor apresentação visual; possibilita condições de acesso à célula de resíduos; redução de transporte de resíduos leve pelo vento; redução de proliferação de vetores; Redução da combustão espontânea dos resíduos e pontos de fogo. Terá as mesmas configurações da cobertura final.

c) Cobertura Final

A cobertura final de solo deve ser encarada como fator decisivo no sucesso da operação do aterro, já que esta camada servirá de base para a operação das células subsequentes. Neste sentido, a cobertura final do aterro deverá ter no mínimo 60 cm de espessura de solo compactado misturado com composto orgânico, denominadas de camadas oxidativas na proporção, em peso, de 1:1 (1 de solo para 1 de composto) ou solo compactado na espessura de 60 cm. Neste, a permeabilidade deste solo compactado deverá ser menor que 10^{-6} cm/s. No que se refere a revegetação do aterro, deve-se colocar uma camada de solo orgânico, o qual será utilizado como elemento adubador.

Salienta-se que o solo utilizado para esta mistura será proveniente da jazida que ainda está sendo estudada e será apresentada no projeto executivo. O composto orgânico utilizado será proveniente da unidade de compostagem.

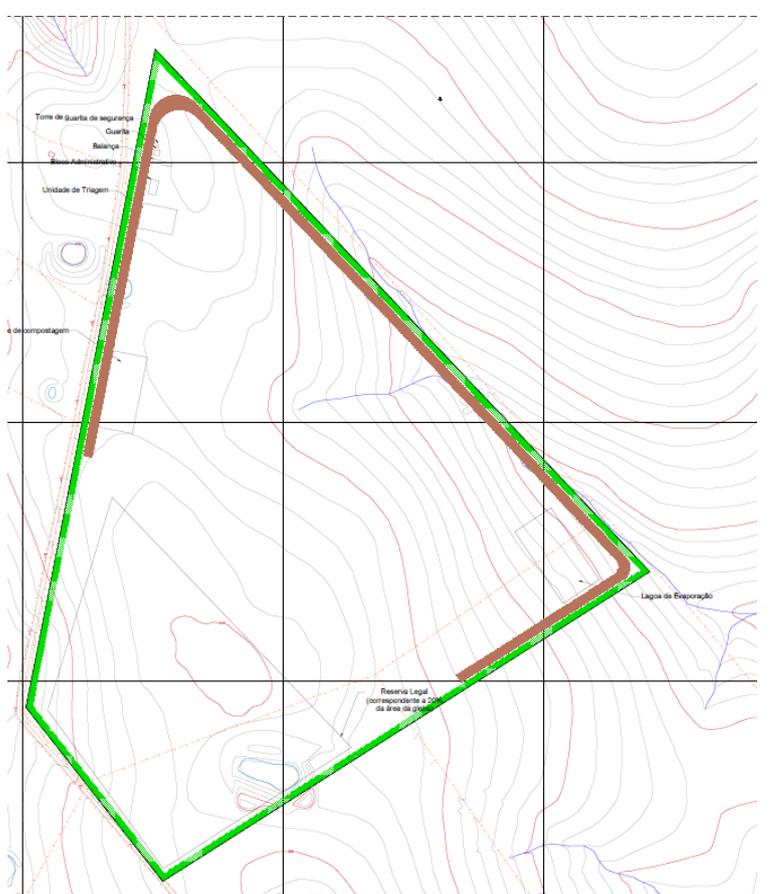
6.8. SISTEMA VIÁRIO

As vias de acesso serão destinadas para permitir o trânsito de equipamentos e veículos em operação durante a manutenção futura, e para assegurar o acesso seguro ao Aterro Sanitário sob quaisquer condições climáticas. A via principal será aquela que circundará toda extensão do terreno.

Para o dimensionamento do pavimento da via principal será adotado o Método do DNER (1996) para pavimentos flexíveis. Este método baseia-se na capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes do pavimento através do parâmetro CBR (Índice de Suporte Califórnia), também padronizado pelo DNER. É importante ressaltar que o pavimento será constituído apenas pelas camadas estruturais (sub-base e base) e não terá a capa de revestimento final.

Vale ressaltar que as vias secundárias serão construídas conforme plano de operação do aterro, podendo ser substituídas e modificadas em função desta operação. Estas não serão dimensionadas pelos métodos tradicionais por se tratar de vias provisórias e que tem o resíduo como subleito do pavimento. Recomenda-se, portanto, que após o corte e regularização da camada de resíduo seja executada uma camada de solo misturada com pedra “rachinha” compactada com 40 cm de espessura, apenas para garantir as condições de tráfego da via. A extensão total da via principal prevista em projeto é de cerca de 1.440 m, conforme apresentado na Figura 6:8 (Planta No. 09)

Figura 6:8: Locação de sistema viário



Fonte: TPF/QUANTA

- Estudo do Tráfego Local:

O pavimento será dimensionado em função do número equivalente (N) de operações de um eixo tomado como padrão (8,2 t) durante o período de implantação e operação do aterro. Estas solicitações vão definir as espessuras das camadas do

pavimento em função dos materiais pré-selecionados. De acordo com o método do DNER, os automóveis e caminhões leves que trafegam na pista não devem ser considerados para fins de dimensionamento.

Sabe-se que a quantidade média de resíduo estimada para o aterro no ano de 2021 é de 32,19 t/dia, dando uma média de 4,8 toneladas de resíduo por caminhão, estimando um total de 7 caminhões por dia. Porém, o número de veículos previstos no ano 2040 foi estimado com base no quantitativo de resíduo previsto para o último ano do projeto (65 t./dia) e na taxa média de carregamento de resíduo de 4,8 t./caminhão. Com base nestes valores, obtém-se um número médio de veículos para o ano 2040 igual a 14 caminhões por dia.

Desta maneira o volume médio total de veículos no aterro (Vt) será de:

$$Vt = 365 * P * \left(\frac{V1+V15}{2} \right) \quad \text{(Equação 12)}$$

Onde:

P = é a vida útil do aterro = 20 anos.

O valor encontrado para Vt foi de 76.650 caminhões.

A fórmula utilizada para cálculo do Número N é dada por:

$$N = Vt * FE * FC * FR \quad \text{(Equação 13)}$$

Onde:

FE = fator de eixo;

FC = fator de carga;

FR = fator climático, o qual é recomendado ser igual a 1 pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR/DNER).

Neste projeto, adotou-se o $FE = 3,4$ com base no peso máximo dos caminhões de 28 t e $FC = 1$ (100%), pois todos os veículos foram considerados como sendo caminhões médios e pesados. Substituindo os valores apresentados na fórmula acima, encontra-se o valor de $N = 2,6 \times 10^5$ eixos.

a) Espessura das Camadas de Sub-Base e Base

Como enfatizado anteriormente, o pavimento da via principal será constituído pelas camadas de sub-base e base e não contará com o revestimento final devido à forte agressividade que está submetido quando em contato com líquidos (lixiviado) que escorrem dos caminhões.

O dimensionamento das camadas do pavimento foi realizado com base no CBR do material existente imediatamente abaixo. Desta maneira, a espessura total do pavimento será função do CBR do subleito.

O estudo do subleito do Aterro Sanitário foi realizado com base nos dados das sondagens SPT e em análises granulométricas realizadas em várias partes do terreno. Esta investigação permitiu afirmar que o subleito encontrado no local é constituído predominantemente de areia com pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarela escura, com cerca de 2,50 metros. De acordo com o DNER, este tipo de material apresenta CBR variando de 5 a 20%. Os Ensaios de CBR realizados em solos de jazidas sugerem um valor médio de CBR=10%, o qual foi adotado neste projeto como sendo o CBR “*in loco*” do subleito para fins de dimensionamento.

Com o CBR adotado de 10% e a adoção de tráfego leve, sabe-se (através de ábaco de dimensionamento) que o pavimento deverá ter a espessura estrutural de 35 cm. Os valores mínimos de CBR recomendados pelo DNER (1996) para sub-base (CBR_{SB}) é de 20% e para base (CBR_B) de 80%. O coeficiente de equivalência estrutural da base (K_B) é igual 1 (base estabilizada granulometricamente) e o coeficiente da sub-base (K_{SB}) é calculado pela seguinte fórmula:

$$K_{SB} = \left(\frac{CBR_{SB}}{3 * CBR_B} \right)^{0,33} = 0,87$$

Com base nestes parâmetros e no ábaco de dimensionamento, obtém-se as seguintes equações:

$$B * K_B + SB * K_{SB} \geq 35 \text{ cm}$$

$$B * K_B \geq 30 \text{ cm}$$

Onde: B é a espessura da base e SB é a espessura da sub-base.

Substituindo os coeficientes estruturais nas equações, obtém-se que $B \geq 30$ cm e $SB \geq 5$ cm, devendo ter valor mínimo de 20 cm. Como forma de facilitar o processo executivo do pavimento, adotou-se para a via principal uma sub-base de 20 cm de espessura e uma base também com 30 cm, perfazendo 50 cm de espessura total.

b) Tipo de Sub-Base e Base e Materiais Recomendados:

As camadas de sub-base e base recomendadas para a via principal do Aterro Sanitário serão do tipo estabilizada granulometricamente, sendo constituída por uma mistura de solos e pedras britadas. O solo utilizado nesta mistura será obtido na jazida de empréstimo do aterro sanitário, enquanto a brita deverá ser adquirida de terceiros. A percentagem de cada material na mistura das camadas (sub-base e base) deverá ser determinada em função dos valores de CBR obtidos para cada material. Como forma de orientar a pré-seleção dos materiais, recomenda-se que os materiais destinados à sub-base devem apresentar: (I) Índice de Grupo (IG) igual a zero quando submetido aos ensaios de análise granulométrica (DNER-ME080/94), limite de plasticidade (DNER-ME082/94) e limite de liquidez (DNER-ME122/94); (II) fração retida na peneira nº 10 deve ser constituídas de partículas duras, isentas de fragmentos mole, material orgânico ou outras substâncias prejudiciais e (III) $CBR \geq 20$ e $expansão \leq 1\%$. Em relação aos materiais destinados à execução da base do pavimento para solicitações da ordem de 10^5 , recomenda-se que se enquadrem numa das seguintes faixas granulométricas:

Quadro 6:4: Faixa granulométrica dos materiais da base do pavimento (DNER ES303/97).

Peneira	Percentagem em peso passando				Tolerância da faixa de projeto
	A	B	C	D	
2"	100	100	----	----	$\pm 7\%$
1"	----	75-90	100	100	$\pm 7\%$
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	$\pm 7\%$
Nº4	25-55	30-60	35-65	50-85	$\pm 5\%$
Nº10	15-40	20-45	25-50	40-70	$\pm 5\%$
Nº40	8-20	15-30	15-30	25-45	$\pm 2\%$
Nº200	2-8	5-15	5-15	10-25	$\pm 2\%$

(I) A fração que passa na peneira nº 40 deve apresentar $LL \leq 25\%$ e $IP \leq 6\%$; quando estes limites forem ultrapassados, o equivalente em areia deve ser maior que 30%.

(II) A porcentagem do material que passa na peneira 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40.

(III) A fração retida na peneira nº10 deve ser constituída de partículas duras e resistentes, isenta de fragmentos moles, alongados ou achatados, estes isentos de material vegetal ou outra substância prejudicial. Quando submetidos ao ensaio de Los Angeles (DNER ME035/98), não deverão apresentar desgaste superior a 55%, admitindo-se valores maiores no caso de utilizações anteriores terem apresentado desempenho satisfatório.

(IV) CBR \geq 80% (energia de compactação do Método C – DNER ME129/94) e expansão \leq 0,5%, para solicitações da ordem de 10^7 .

c) Especificação dos Serviços de Pavimentação: Sub-Base e Base:

As instruções técnicas para os serviços de execução estão na Norma DNIT 141/2010 – ES (Base estabilizada granulometricamente – Especificação dos Serviços). Destaca-se que a composição granulométrica deve satisfazer uma das faixas do Quadro abaixo.

Quadro 6:5: Faixas da composição granulométrica para mistura solo.

Tipos	Para N > 5 X 10 ⁵				Para N < 5 X 10 ⁵		Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
	% em peso passando						
2"	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	-	75-90	100	100	100	100	± 7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	± 7
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	± 5
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	± 5
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	± 2
Nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	± 2

Fonte: DNIT 141/2010 – ES

A execução da sub-base deve seguir as orientações da Especificação de Serviços (DNER ES-301/97). Algumas destas recomendações encontram-se resumidas abaixo:

1) Equipamentos: motoniveladora, com escarificador, carro tanque distribuidor de água, rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso-vibratório e pneumático, grade de discos, pulvi-misturador e central de mistura.

2) Execução: Compreende as operações de mistura e pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais, em usina ou na pista, seguidas de espalhamento, compactação e acabamento realizadas no subleito da pista devidamente preparado. Quando a espessura da sub-base for superior a 20 cm, devem ser divididas em camadas parciais. A espessura mínima de cada camada é 10 cm. No caso da via principal do ASM, o procedimento pode ser realizado em duas camadas de 15 cm.

3) Controle de execução: Ensaio de umidade higroscópica do material, imediatamente antes da compactação, para cada 100 m de pista compactada com tolerância de $\pm 2\%$ em relação a ótima; Ensaio de densidade seca "in situ" para cada 100 m de pista; Cálculo do grau de compactação, $GC \geq 100\%$.

4) Controle geométrico: ± 10 cm quanto à largura da plataforma; até 20%, em excesso para a flecha de abaulamento e $\pm 10\%$, quanto a espessura do projeto na camada projetada.

A execução da base deve seguir as orientações da Especificação de Serviços (DNER ES-303/97). Algumas destas recomendações encontram-se resumidas abaixo:

1) Equipamentos: motoniveladora pesada, com escarificador, carro tanque distribuidor de água, rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático, grade de discos, pulvi-misturador e central de mistura.

2) Execução: Mesmo procedimento descrito para a sub-base.

3) Controle de execução: Mesmas especificações descritas para a sub-base.

4) Controle geométrico: Mesmas tolerâncias da sub-base.

d) Declividades da Via:

As declividades longitudinal e transversal das vias são importantes características para assegurar as condições de tráfego em diferentes épocas do ano. Em relação à declividade transversal, o DNER (1981) recomenda que as pistas não pavimentadas devem ter declividade transversal de 3%, excepcionalmente 4%, conforme o tipo de solo do subleito. Esta declividade tem por objetivo evitar o acúmulo de água na estrada. Neste projeto, adotou-se 3% de declividade transversal.

Em relação às declividades longitudinais, eventualmente, deverão ser procedidos cortes e aterros com o intuito de reduzir a declividade da pista e não prejudicar o rendimento dos caminhões e as condições de segurança e tráfego da via. A declividade máxima longitudinal adotada no projeto foi de 8%. O desenho de locação do sistema viário apresenta os trechos críticos do terreno natural onde será necessário executar cortes e aterros para enquadrar a declividade da via principal.

e) Drenagem Pluvial da Via:

O sistema de drenagem ineficiente é um dos principais fatores na formação de falhas em estradas não-pavimentadas em épocas de chuvas. Desta maneira, deve-se evitar que águas de chuvas oriundas dos taludes da área de disposição de resíduo cheguem à pista de rolamento, bem como as águas que escoem no sentido do cinturão verde para a via principal. Esta proteção será efetuada por canaletas retangulares (lado interno da pista) e semicirculares (lado externo – cinturão verde) nas laterais da pista.

O dimensionamento das canaletas do lado interno da via (próximo ao talude do aterro de resíduo) foi feito com base no exposto no item “sistema de drenagem pluvial”. No que se refere às canaletas da lateral posterior (próxima do cinturão verde), as mesmas também foram dimensionadas pelo Método Racional com base na área de contribuição que abrange $\frac{1}{2}$ da área da pista e na maior das subáreas de contribuição do cinturão verde. Esta é a vazão mais crítica de projeto e só irá ocorrer em determinados locais onde toda declividade natural do cinturão verde estiver direcionando as águas para a via principal. Em seguida, utilizou-se a fórmula da Manning para dimensionamento hidráulico das canaletas retangulares, adotando os seguintes parâmetros: coeficiente de escoamento ($C=0,5 - 90\%$ área gramada), intensidade da chuva ($I= 4,51$ mm/min), área de contribuição, declividade, coeficiente de rugosidade = 0,013 – concreto. O valor encontrado para vazão de projeto e a

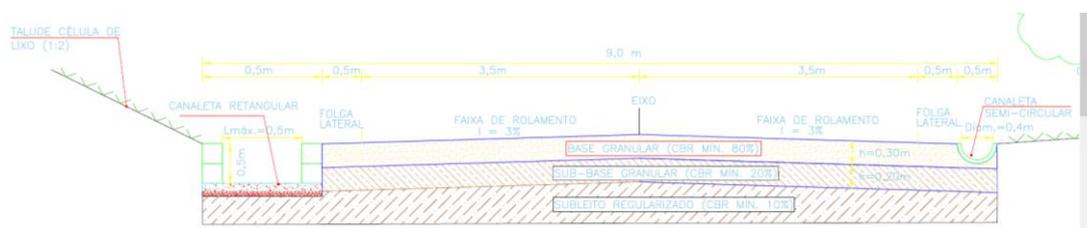
canaleta dimensionada foi a semicircular, pré-moldada de concreto, de 0,4 m de diâmetro para o lado onde não estão presentes as canaletas de pé de talude.

f) Perfil da Seção Transversal da Pista:

O perfil transversal da via principal foi definido com base nos dimensionamentos das canaletas laterais da pista e nas recomendações do DNER que deve apresentar faixa de rolamento de no mínimo 3,5 m em cada sentido e declividade transversal da pista de 3%. Adotou-se também uma distância de 0,5m em cada lado da pista como folga lateral para minimizar o efeito da distribuição das tensões nas estruturas drenantes.

A Figura 6:9 apresenta o perfil da pista principal do aterro sanitário.

Figura 6:9: Detalhe da via principal (trecho de 8 metros de largura da pista)



6.9. RESERVA LEGAL E CINTURÃO VERDE

Está previsto no projeto a separação de uma área de aproximadamente 73.800 m² no projeto a execução de um cinturão verde circundando todo o empreendimento e margeando a via principal de acesso do aterro, com largura média de 7 m. Esta faixa de proteção tem como objetivo minimizar os impactos da poluição gerada pelo aterro, entre os quais, emanação de odores, poeira (material particulado), ruídos, poluição visual, bem como a ação externa do vento na operação do aterro.

Esta medida deverá ser implementada como uma das primeiras ações da implantação do aterro sanitário, tendo em vista a sua boa repercussão sobre outras medidas e ações, ligadas ao início da execução do aterro. O cinturão verde, terá um efeito importante, quanto mais cedo venha a ser executado, tendo em vista o tempo que levará para a sua consolidação e o papel que desempenhará sobre a proteção da microbacia, além dos demais impactos positivos que trará. Essa medida consiste no estabelecimento de cordão vegetado ao longo dos limites do Aterro Sanitário, formado por árvores, arbustos e herbáceas existentes na região.

Este cordão vegetado ou barreira vegetal tem por objetivo principal conter o efeito desagregador e transportador do vento que causa poluição do ar por poeiras. A implantação da barreira vegetal tem ainda a função de delimitar a área e propiciar o embelezamento cênico. Deverá ser utilizada uma composição de espécies de porte arbóreo e espécies arbustivas.

Propõe-se o plantio de mudas das espécies arbustivas e arbóreas será feito em linhas, com espaçamento de 3,0m entre plantas nas linhas e de 2,0m entre linhas vizinhas, com as plantas dispostas de forma alternada, buscando um recobrimento de solo mais rápido e eficiente

As etapas do plantio da área a ser recuperada deverão se dar, preferencialmente, no início da época das chuvas, com as seguintes operações técnicas:

- combate às formigas (vistoria, combate aos formigueiros com isca formicida);
- alinhamento para marcação de covas;
- coroamento com raio de 0,60m;
- coveamento com dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,40m por cova;
- adubação de covas com matéria orgânica (composto de resíduo ou esterco e adição de 100 g de formulação NPK 4:14:8, em mistura homogênea com o volume de terra retirado de cada cova);
- plantio das mudas;
- irrigação: operação que deve ser realizada quando, por condições adversas, as mudas aproximarem do ponto de murcha permanente;
- manutenção do cinturão verde: consiste nos tratos pós-plantio, ou sejam, coroamento das mudas, combate às formigas e acompanhamento do andamento do plantio.
- replantios e plantios de enriquecimento, com incorporação de novas espécies.

7 – PLANO DE AVANÇO DO ATERRO SANITÁRIO



7. PLANO DE AVANÇO DO ATERRO SANITÁRIO

Conforme definido no modelo tecnológico proposto para o Aterro Sanitário de Canindé, ele será operado em quatro fases distintas:

O dimensionamento das etapas utilizadas para receber os resíduos domiciliares e públicos do aterro sanitário foi baseado no princípio de maior reaproveitamento da área para obtenção de uma vida útil de 20 anos. Neste sentido, a operação destas etapas foi dividida em duas fases distintas:

FASE I – composta por:

- Instalações fixas, com a execução de todas as edificações (portaria, escritório, administração, entre outros), dotadas de todas as instalações hidráulicas e elétricas;
- Cercamento da área;
- Construção das vias de acesso;
- Instalação da Balança;
- Construção de guarita e escritório de administração;
- Construção dos elementos de drenagem e impermeabilização da 1ª célula de operação para recebimento dos resíduos domiciliares e públicos;
- Construção da estação de tratamento de lixiviado.

FASE II

- Posteriormente a construção e instalação das unidades físicas e operacionais do aterro, bem como a 1ª etapa para recebimento dos resíduos, a FASE II corresponde a colocação dos resíduos da cota 202 a 207 e preparação da base (impermeabilização inferior e drenagem de líquidos e gases) da FASE III.

FASE III

- A FASE III corresponde a colocação dos resíduos da cota 207 a 212 e preparação da base (impermeabilização inferior e drenagem de líquidos e gases) da FASE IV.

FASE IV

- A FASE IV corresponde a colocação dos resíduos da cota 212 a 214 e construção da camada de cobertura final do aterro e sistema de drenagem pluvial definitivo.

O Quadro 7:1 apresenta o volume de cada etapa e a vida útil da mesma.

Quadro 7:1: Vida útil de cada etapa do aterro.

Etapa	Área (m ²)	Volume (m ³)	Vida útil (tempo)	Período (anos)	Condição da Geometria do maciço
1	-	-	1º. Ano de operação do aterro	2020 a 2021	Preparação da infraestrutura e base da célula
2	49.270	108.187	7 anos	2021 a 2027	Alteamento: cota 202 a 207 m
3	58.251	172.946	8 anos e 3 meses	2028 a 2035	Alteamento: cota 207 a 212 m
4	76.389	162.168	4 anos e 9 meses	2036 a 2040	Alteamento: cota 212 a 214 m
Total	76.389	443.000	20 anos		

8 – UNIDADES DE APOIO - INFRAESTRUTURA



8. UNIDADES DE APOIO – INFRAESTRUTURA

As unidades de apoio são componentes do projeto que dizem respeito à segurança, ao controle, a manutenção, ao estoque de materiais, ou seja, todas as instalações que apoiarão a atividade fim de destinação final dos resíduos.

8.1. Muro de concreto pré-moldado

Os muros de placas pré-moldadas de concreto têm a vantagem de ser um elemento de vida útil prolongada, menos sujeito a vandalismo, de grande praticidade e flexibilidade para alterações em seu layout. Os mesmos deverão ser compostos por dois tipos de peças pré-moldadas: estacas (mourões) e placas.

O primeiro passo para montagem do muro é abrir cavas para as estacas de 3,5 m de altura, onde os 50 cm inferiores ficarão engastados no solo. As estacas devem ser colocadas verificando o prumo e será fixada com solo bem compactado até 10 cm da borda da cava. Quando o muro estiver montado, os 10 cm restantes da cava deverão ser preenchidos com concreto magro. As estacas deverão ser fixadas com um espaçamento de 2,0 m. As placas de concreto deverão em seguida ser encaixadas entre as estacas. Para atingir a altura útil do muro (3,0 m), será necessário utilizar 6 placas com 0,5 m de largura. As especificações do muro e do portão de acesso estão apresentadas na planta de detalhes dos elementos de iluminação e segurança do aterro.

O muro pré-moldado tem uma extensão total de aproximadamente 2.454 m. A principal finalidade deste elemento será o de impedir o acesso de pessoas não autorizadas, veículos e animais ao interior do aterro sanitário.

8.2. Rede de iluminação

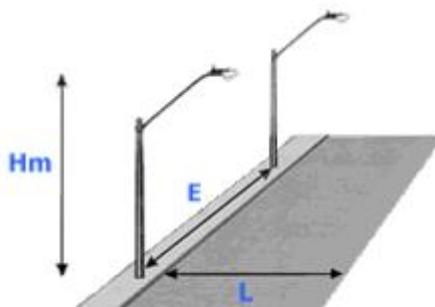
Uma rede de iluminação com colocação de postes em concreto pré-moldado foi concebida em toda extensão da via principal do aterro de forma a permitir o trânsito seguro de caminhões e tratores e a boa operação do aterro no período noturno. É importante ressaltar que as vias secundárias e as áreas de descarrego de resíduo devem contar com um sistema de iluminação móvel (refletores), permitindo assim alterações no seu traçado em função do plano de avanço do aterro. Vale lembrar que a iluminação do aterro também é de grande importância para a vigilância e o patrulhamento noturno da área.

O dimensionamento da rede foi determinado a partir das normas técnicas e manuais de iluminação pública de empresas estaduais de energia elétrica (Celpe, Cepel, Enersul, Eletrobrás/Procel).

O espaçamento (E) entre os postes recomendado para vias com trânsito de veículos deve ser no máximo 40 m e a altura de montagem do poste (Hm) deve ser maior que a largura de 8 m (7,0m de faixa de rolamento + 1 folga lateral). A Figura 8:1 ilustra os parâmetros geométricos da distribuição dos postes.

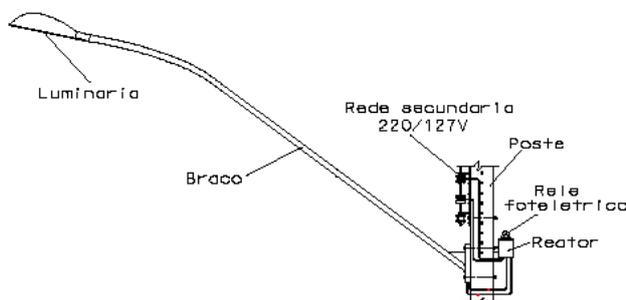
Parâmetros	
Largura p/ iluminação (L)	8,0 m
Espaçamento (E)	40,0 m
Altura de montagem (Hm)	9,0 m
Engastamento poste-solo	1,5 m
Comprimento poste	9,0 m
Comprimento luminária c/ braço	3,0 m
Altura luminária c/ braço	1,5 m

Figura 8:1 Parâmetros geométricos da distribuição dos postes.



O comprimento de engastamento do poste no solo é dado por: $0,1 \times H + 0,6$ m. Adotando-se o poste com 9,0 m de altura, o mesmo deve ficar com 1,5 m abaixo do nível da via e 7,5 m sobre a superfície. É importante ressaltar que a altura de montagem final (> 8 m) será obtida com a utilização de luminária c/ braço de 3 m de comprimento e 1,5 m de altura, conforme ilustrado na Figura 8:2. Ao todo serão implantados cerca 62 postes devendo estar posicionados do mesmo lado do sistema de drenagem por canaletas semicirculares e distantes a cada 40 metros um do outro.

Figura 8:2: Modelo de luminária a ser utilizado no posteamento do ASM.



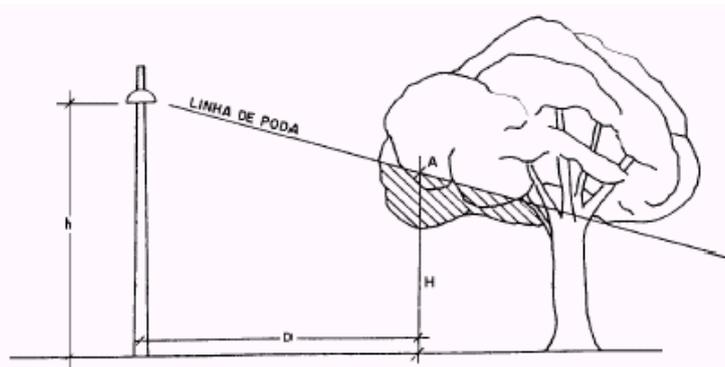
Em relação ao tipo de lâmpada adotado na rede, as normas técnicas recomendam que para uma altura de montagem de aproximadamente 9 m o fluxo luminoso deve ser superior a 25.500 lumens (lm), conforme ilustrado no Quadro 8:18.1. Desta maneira, adotou-se: lâmpadas de vapor de sódio (VSO) com potência de 250W, luminosidade = 27.000 lumens, eficiência média = 180lm/w e vida útil média = 21.000 horas.

Quadro 8:1: Relação altura de montagem em função do fluxo luminoso.

Fluxo luminoso máximo (lm)	Altura de montagem (Hm)
6.500	> 3 e até 4 m
14.000	> 4 e até 8 m
25.500	> 8 e até 12 m
46.500	Acima de 12 m

É importante ressaltar também que as árvores do cinturão verde não devem interferir na luminosidade da via quando atingirem a fase adulta. Caso seja necessário realizar serviços de poda, pode-se determinar a linha de corte (pode) medindo a distância "D" do poste até os galhos mais baixos da árvore, assim como a altura "h" em que está montada a luminária, e proceder o cálculo da altura da linha de corte pela expressão $(H = h - 0,26 D)$. A Figura 8:3, ilustra a geometrização deste cálculo.

Figura 8:3: Ilustração da altura de linha de poda do cinturão verde (ASM).



8.3. Portaria/Guarita

Consiste em uma edificação composta por uma sala de operação da balança, um banheiro para atender aos porteiros e fiscais de pesagem e 1 balança rodoviária eletrônica, que servirá de controle de entrada e de saída de resíduos de 60 toneladas. Esta edificação será construída em alvenaria, revestida em argamassa de cimento e areia, pintada com tinta PVC, coberta com telha canal, sobre laje pré-moldada. O piso será em cerâmica vitrificada, as esquadrias em alumínio e vidro transparente.

A sala de operação da balança rodoviária será dotada de ar condicionado, o banheiro será composto de 01 bacia sanitária e um lavatório. A área da guarita é de 21,87 m².

A portaria será dotada de sistema de abastecimento d'água, sistema de esgotamento sanitário e energia elétrica trifásica estabilizada atendendo as exigências do fabricante da balança rodoviária.

8.4. Balanças de entrada e saída de veículos

Consiste na utilização de uma balança para rodoviária eletrônica, tanto para pesagem de entrada dos resíduos sólidos urbanos quanto para a saída dos veículos após o descarregamento.

8.5. Unidade administrativa

Trata-se de uma edificação composta por 1 secretaria, 1 sala de exposição e duas salas administrativas e quatro banheiros, sendo 2 masculinos e 2 femininos, com

chuveiros, com uma área construída de 150 m². As salas administrativas serão utilizadas pelo gerente do aterro, o pessoal administrativo e de controle e pela fiscalização. Os banheiros estarão localizados entre as duas salas e serão utilizados por todo o pessoal administrativo e pelo pessoal de operação. A edificação será construída em alvenaria singela, com paredes revestidas em argamassa de cimento e areia pintados com tinta PVC látex. A cobertura será em telha cerâmica tipo canal aplicada sobre laje pré-moldada, o piso será em cerâmica vitrificada e as esquadrias em alumínio e vidro transparente.

As salas contarão com instalações para ar condicionado. Os banheiros masculinos e femininos serão compostos por duas bacias sanitárias, um chuveiro e 1 lavado, respectivamente.

A edificação possuirá uma área compatível com as necessidades de construção. e fabricada para alto fator de utilização, e os componentes elétricos/eletrônicos serão desenvolvidos para regime de severo serviço contínuo, prevendo-se utilização em pesagens/dia em regimes de 8 horas/dia.

9 – EQUIPAMENTOS E MÃO-DE-OBRA



9. EQUIPAMENTOS E MÃO DE OBRA

Os equipamentos operacionais do aterro foram dimensionados para uma taxa de rendimento inicial de 32,19 t/dia e final de 66,66 ton/dia, com operação apenas diurna.

- Trator de Esteira D6 –E Com Lâmina.

Trator de esteiras tipo D6 (ou similar) com peso acima de 15t, utilizado para espalhamento, compactação da massa de resíduo e cobertura com solo. Para o rendimento inicial, considerando o volume de resíduos para os cinco primeiros anos, com uso diário será necessário o uso de 1 trator de esteira tipo D6-E ou similar. Para os últimos 10 anos, sugere-se a utilização de mais 02(dois) tratores de esteira tipo D6-E ou similar.

- Pá Carregadeira Sobre Pneus

Tal equipamento será utilizado nas operações de carregamento de solo para os caminhões basculantes. Sugere-se a utilização de 01 equipamento, tipo CASE WA 180.

- Caminhão Basculante de 6m³

Caminhão basculante 6x4 (trucado e traçado), PBT de 23 toneladas com capacidade de 6m³ devendo ser utilizado na remoção ou adição de resíduo, bem como na adição de solo para a cobertura de resíduo. Há a necessidade de 04 caminhões basculantes de 6m³ de capacidade, podendo adicionar outros dois nos últimos 15 anos.

- Escavadeira

Para as funções de abertura de valas e drenos devem ser previstas a utilização de 01 escavadeira tipo SH 200 com concha de 60 cm de largura. E para a conformação do talude uma outra escavadeira do mesmo porte, tornando-se suficiente para os demais anos.

- Caminhão Comboio Para Abastecimento e Lubrificação.

Será necessário um caminhão tipo comboio para apoio a todos os outros veículos e equipamentos durante a fase de operação, com combustível e lubrificantes necessários a uma boa operacionalização do sistema.

- Máquina tipo Moto niveladora com chassi articulado

Equipamento de terraplenagem utilizado em trabalhos de escavação de valetas, drenagem, nivelamento de aterros, escarificação, raspagem e, se necessário,

espalhamento do material betuminoso. Será necessária a presença de uma motoniveladora durante o período inicial.

- Bomba de Drenagem

Como suporte a operação do empreendimento será necessário um sistema de bombas para drenagens em eventuais necessidades.

- Balança Rodoviária

Faz-se necessário a instalação de uma balança rodoviária eletrônica, uma vez que servirá como medição do peso dos resíduos na entrada e saída. Devido a quantidade de resíduos depositados, salienta-se que não ocorrerá engarrafamentos no local.

- Caminhão Pipa

Utilizado para abastecimento dos reservatórios existentes no aterro sanitário e na irrigação da área verde, ou na vegetação gramínea dos taludes ou no cinturão verde. Será necessário apenas a utilização de um caminhão pipa durante os primeiros anos, tendo necessidade futura de um novo caminhão em função do grande aumento de áreas e taludes à medida que as células forem se consolidando.

Os equipamentos e mão de obra a serem utilizados foram dimensionados de acordo com a natureza dos serviços a executar. Também é apresentada uma estimativa de utilização de pessoal, como pode ser visto o Quadro 9:1.

Quadro 9:1: Dimensionamento de mão-de-obra para operação do Aterro.

Natureza do Serviço	Equipamento / PESSOAL	Utilização Mensal
Controle Operacional do Aterro	01 Eng. ambiental residente 01 Técnico em meio ambiente	Integral
Segurança e controle	01 Técnico em Segurança do Trabalho	Integral
Operação de máquinas e veículos	06 operadores 04 motoristas	De acordo com os horários dos equipamentos e veículos
Serviços Gerais	04 Ajudantes de Serv. Gerais 01 Pedreiro	Integral
Topografia	01 Topógrafo 01 Ajudante	Integral

10 – PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL



10. PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

A Lei 6938/81, regulamentada pelo Decreto 99274/90, cria, através do artigo 9º, os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Através do inciso I, do estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o monitoramento ambiental passa a ser um elemento essencial. Entende-se por monitoramento ambiental como um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, visando identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo (variações temporais). As variáveis sociais, econômicas e institucionais também são incluídas, por exercerem influências sobre o meio ambiente.

O monitoramento ambiental é um instrumento de controle e avaliação. Serve para conhecer o estado e as tendências qualitativas e quantitativas dos recursos naturais e as influências exercidas pelas atividades humanas e por fatores naturais sobre o meio ambiente. Desta forma, subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, bem como auxilia na definição das políticas ambientais.

Reflete a relação de ações antrópicas e fatores naturais sobre o meio ambiente, bem como o resultado da atuação das instituições por meio de planos, programas, projetos, instrumentos legais e financeiros capazes de manter as condições ideais dos recursos naturais (equilíbrio ecológico) ou recuperar áreas e sistemas específicos.

Segundo CODUTO & HUITRIC (1990), o monitoramento ambiental envolve ações voltadas para a avaliação de alterações do meio físico direto (lençol freático, águas superficiais, solos, atmosfera) e antrópico.

Estas alterações são medidas para fins de comparação com critérios ambientais já estabelecidos de forma absoluta, ou de forma relativa, em função de padrões particulares, determinados pelos órgãos ambientais para cada aterro e localidade.

O monitoramento mais comum, objetivo, prático e obrigatório, a ser efetuado, corresponde ao monitoramento geotécnico do aterro e a qualidade de águas subterrâneas e superficiais. Porém, neste projeto, como o balanço hídrico é negativo todos os meses e a solução para o tratamento de lixiviados, foi a evaporação natural, não está previsto, o

descarte do lixiviado em nenhum corpo hídrico, assim, o monitoramento da qualidade das águas (superficiais e subterrâneas) não são necessários.

O monitoramento geotécnico está relacionado com a qualidade e segurança das células do aterro sanitário propriamente dito, corresponde a avaliação da estabilidade do aterro, eficiência da camada de cobertura, vazão e concentração dos gases e medição no nível piezométrico nas células.

O Monitoramento do clima, baseado nas medidas de evaporação e pluviometria da área será de fundamental importância para a avaliação da solução adotada.

Demais influências sobre o meio ambiente, tais como a proliferação de vetores (moscas, ratos, entre outros.), poeira e o carreamento de detritos pelo vento serão monitorados visualmente por equipes especializadas da operação do aterro, mas também associadas a uma “fiscalização” exercida pela população na área de influência do empreendimento.

10.1. MONITORAMENTO CLIMÁTICO – PRECIPITAÇÃO E EVAPORAÇÃO

Solicita-se o monitoramento das condições climáticas na área com a instalação de uma estação meteorológica que tenha, no mínimo, um evaporímetro e um pluviômetro para monitorar o balanço hídrico. É importante que a estação possa medir: Temperatura Ambiente, umidade Relativa do ar, Pressão Atmosférica (Barômetro), Precipitação, Velocidade do Vento, Direção do vento e Radiação Solar.

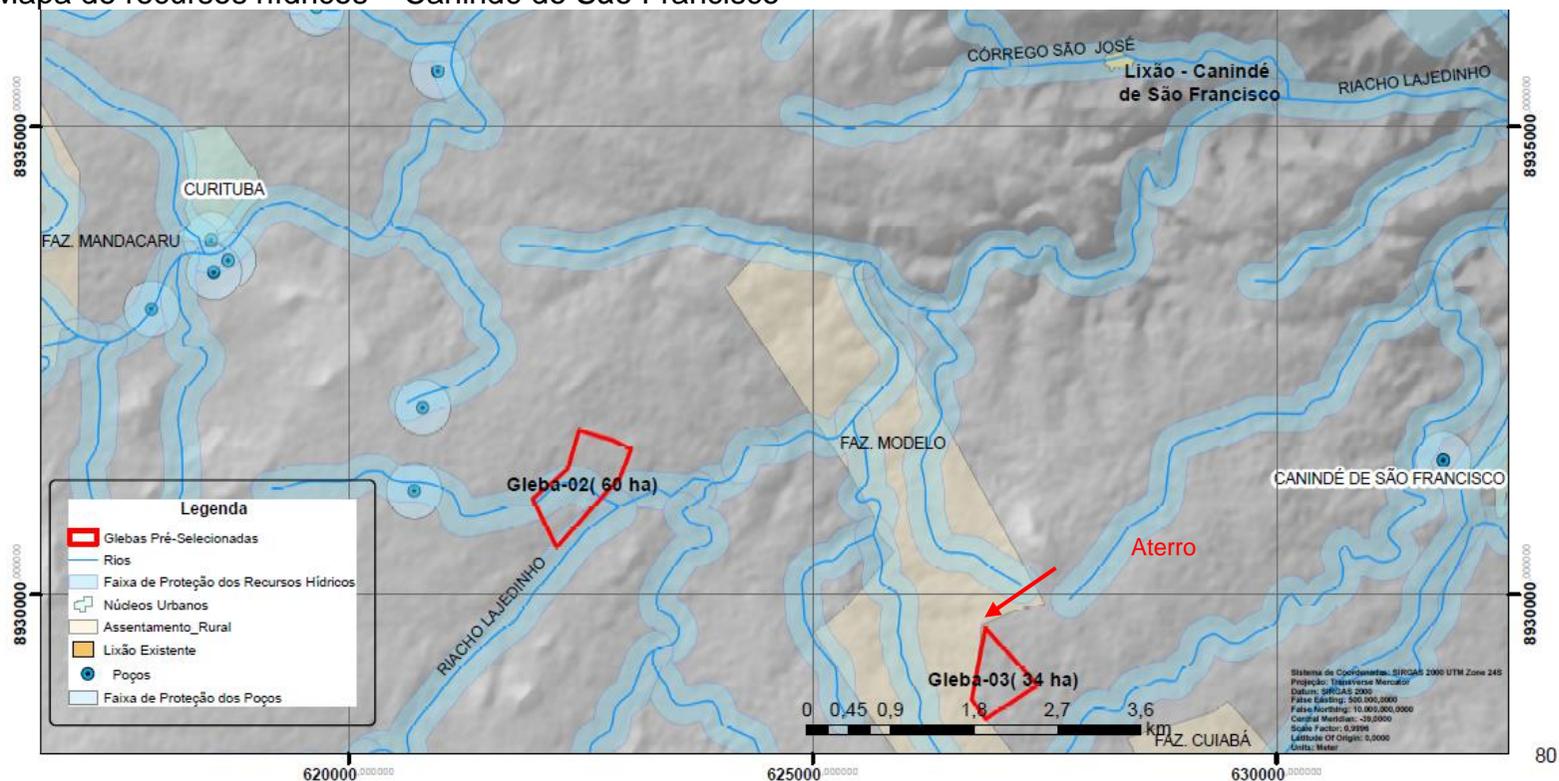
10.2 MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS

Neste projeto, como não está previsto o descarte de lixiviados, não deverá ser realizada o monitoramento da qualidade das águas superficiais no entorno do aterro.

Em relação ao monitoramento de águas subterrâneas, as sondagens realizadas na área do empreendimento, bem como o mapa de recursos hídricos da região, não apresentam água subterrânea, este tipo de monitoramento também não se faz necessário.

A Figura 10:1 apresenta mapa de recursos hídricos da região onde está localizado o aterro sanitário de Canindé.

Figura 10:1: Mapa de recursos hídricos – Canindé do São Francisco



Fonte: Produto 2.B: Escolha e caracterização das alternativas locais (TPF/QUANTA, 2017)

10.3. MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO (ETL) – EVAPORAÇÃO DE LIXIVIADO

O tratamento adotado para o lixiviado foi a evaporação natural devido ao balanço hídrico negativo em todos os meses do ano. Mesmo assim, deverá ser realizadas análises trimestrais no lixiviado bruto existente na lagoa de evaporação e no concentrado, caso ele exista.

A eficiência do sistema de tratamento de efluentes será aferida através da coleta de lixiviado em dois pontos distintos conforme o tempo de detenção hidráulico. São eles:

1. Ponto de Coleta de Lixiviado -1 (PCL-1) – Entrada da Lagoa de Evaporação;
2. Ponto de Coleta de Lixiviado -2 (PCL-2) – Local onde existir concentrado.

Também deverá ser avaliada também a vazão de lixiviado na entrada da lagoa de evaporação. O Quadro 10:1 apresenta os parâmetros e frequência de monitoramento.

Quadro 10:1: Frequência de monitoramento na lagoa de evaporação

Frequência	Parâmetro	Parâmetro
Semanal	Vazão (m ³ /dia)	
Trimestral	Temperatura do ar (°C)	Sólidos Sedimentáveis (mg/l)
	Temperatura do líquido (°C)	Sólidos em suspensão totais e voláteis (mg/l)
	Turbidez (UNT)	Sólidos Dissolvidos totais e voláteis (mg/l)
	pH	Nitrogênio NTK (mg/l)
	Oxigênio dissolvido (mg/l)	Nitratos (mg/l)
	DBO (mg/l)	Fósforo (mg/l)
	DQO (mg/l)	Alcalinidade (mg/l)
	Streptococcus (NMP/100 ml)	Sulfetos/Sulfatos (mg/l)
	Coliformes totais (NMP/100 ml)	Óleos e graxas (mg/l)
	Metais pesados	Principais gêneros de algas

10.4. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO

O monitoramento do comportamento geomecânico de um aterro de resíduos sólidos urbanos é efetuado através de inspeção visual e da leitura de instrumentos nele instalados, conforme descrito mais adiante. Para aterros em operação, de grandes dimensões, este monitoramento é mensal.

Basicamente o estudo de estabilidade geotécnica será executado por meio dos seguintes instrumentos:

- Marcos Superficiais (placas de recalque);
- Medidores de recalque em profundidade (aranhas magnéticas);
- Piezômetros;
- Sondagens a percussão (SPT);
- Medidores de Temperatura (termopares).

O projeto de monitoramento visa obter informações de setor (ou camadas de resíduo) do Aterro Sanitário, tanto em sua área quanto em sua profundidade, ao longo do tempo, para acompanhar as mudanças que ocorrem nas várias fases do processo de decomposição dos resíduos. Para tanto, a instrumentação será distribuída em diferentes cotas (camadas) do aterro sanitário, de forma a abranger toda a sua área.

a) Recalques

Os aterros de resíduos sólidos sofrem grandes recalques, podendo chegar à ordem de 30% da altura inicial (Sowers, 1973). No entanto, recalques totais na ordem de 20% a 50% da altura inicial são também citados por Wall e Zeis, 1995. Com isto, o seu volume diminui e sua capacidade de armazenamento aumenta, estando aí uma das principais causas de se quantificar os recalques, o tempo em que este ocorrerá e sua velocidade, não apenas para aproveitar sua real capacidade de armazenamento, bem como, para se poder fazer “previsões” na etapa de projeto. A necessidade de se determinar os recalques remanescentes está no fato de se projetar a utilização do aterro depois de encerrada sua vida útil (Mariano, 1999).

As placas de recalques são instrumentos que são incorporados ao aterro, superficialmente, que tem como função servir como orientadores dos deslocamentos aos quais o aterro está sujeito. São constituídos de uma base quadrada de placa de aço de 0.6 x 0.6 m e de um pino de referência para as medições topográficas, além de receberem uma placa de identificação para um melhor acompanhamento e registro da movimentação deste local. Elas serão distribuídas de forma a caracterizar linhas de estudo, com direções de deslocamento esperados, para possibilitar um monitoramento da evolução da movimentação ao aterro e, portanto, nortear as ações preventivas que se façam necessárias para se manter o controle do maciço. Para efetuar este monitoramento, serão implantados, fora da área do aterro, marcos fixos, irremovíveis, de referência de nível e de

posição relativa. Baseado nestes, serão observados por levantamento topográfico, os deslocamentos verticais e as velocidades de recalque de cada célula que compõe o aterro, após o encerramento de sua operação. As plantas nº 20 e 21 apresentam o layout de distribuição das placas de recalque e referência de nível e os detalhes construtivos dos mesmos.

O acompanhamento dos recalques superficiais em cada camada de resíduo no Aterro Sanitário será realizado por meio da instalação de 39 placas de recalque e de 2 marcos de referência de nível (RN-1 ao RN-2). As leituras serão realizadas, quinzenalmente, por Nivelamento Geométrico de Precisão utilizando-se, basicamente, referência de nível, pontos de passagem e estações de nivelamento.

As leituras serão realizadas, mensalmente, por Nivelamento Geométrico de Precisão utilizando-se, basicamente, referência de nível, pontos de passagem e estações de nivelamento.

Parâmetros a serem registrados no monitoramento dos recalques:

- Recalque Total

Estes deslocamentos estão baseados na cota de leitura topográfica atual e na cota de leitura topográfica inicial. São observados desde o início da instalação dos instrumentos, servindo como um histórico do mesmo, o que possibilita se analisar, em conjunto com o restante do monitoramento das camadas, em que fase de decomposição o aterro se encontra e se estes caminham para uma situação estável ou se possuem movimentos considerados de risco.

- Recalque Parcial

Estes deslocamentos estão baseados na cota de leitura topográfica atual e na cota de leitura topográfica anterior. São observados em períodos menores, semanalmente, o que permite a avaliação dos deslocamentos verticais em situações imediatas às suas ocorrências, permitindo assim, a definição de ações de caráter emergencial no caso da ocorrência de deslocamentos que se julguem serem anormais para este local.

- Velocidade de Recalque

Tem a finalidade de analisar a evolução dos recalques em função da velocidade de recalques. A velocidade de recalque é a diferença entre os recalques ocorridos, dividido pelo tempo transcorrido entre as leituras.

b) Piezômetro

Para a garantia da estabilidade de um aterro é de fundamental importância que não existam pressões neutras de grande magnitude, pois elas diminuem as tensões efetivas e favorecem os mecanismos de escorregamento.

O nível de líquido no interior do aterro será acompanhado através de 9 piezômetros (PZ-1 ao PZ-9) de 2" diâmetro em PVC rígido. Este diâmetro permite que a coleta de líquidos da célula seja realizada com um amostrador específico para coleta de lixiviado, e que as leituras do nível do lixiviado não sejam falseadas devido às bolhas de gás. Para a instalação destes piezômetros serão executadas sondagens SPT. Deverão ser instalados 3 piezômetros serão instalados nas laterais do aterro e 6 na parte central que ficarão na cota 114. Vale ressaltar que alguns dos piezômetros localizados na parte central podem ser instalados durante o alteamento das camadas de resíduo, no entanto, sua presença dependerá das condições de operação do aterro uma vez que podem atrapalhar o tráfego de veículos no descarrego. Caso não seja possível realizar a instalação durante a operação, os 6 piezômetros da parte central do aterro devem ser instalados após o encerramento da operação.

c) Sondagens SPT

Por ser um ensaio de baixo custo, podem ser realizados de maneira periódica, onde se pode avaliar de maneira qualitativa a variação da resistência do aterro em relação ao tempo, bem como coletar amostras de solo (abaixo da camada de resíduo) e resíduo para ensaios de laboratório (umidade, teor de sólidos voláteis e pH). Os furos de sondagens também servirão para a instalação das aranhas magnéticas, piezômetro e dos medidores de temperatura.

Os ensaios serão realizados de acordo com as normas NBR-8036, NBR-6484 e NBR-6502 da ABNT – Normas Gerais de Sondagem de Reconhecimento para Fundações de Edifícios, Método de Sondagem e Terminologia de Rochas e Solos respectivamente.

Um total de 9 furos de sondagem SPT será executado até atingir a camada de solo de base do aterro. Nestes furos serão realizados ensaios de perda d'água, coleta de amostras de resíduo ao longo da profundidade e do solo abaixo da camada de resíduo, para realização de ensaios. Vale ressaltar que todos os furos serão aproveitados posteriormente para instalação de termopares ou piezômetros. As Figuras 10:2 e 10:3 ilustram a execução do ensaio SPT e a coleta de amostra de resíduo.

Figura 10:2: Execução dos ensaios SPT



Figura 10:3: Coleta de amostra de resíduos e lixiviado.



Como já comentado, durante a realização da sondagem SPT será coletado o solo abaixo da camada de resíduo no próprio amostrador do SPT. Nestas amostras serão realizados ensaios microbiológicos, físico-químicos, incluindo ensaios para determinação de metais, com o objetivo de verificar o nível de contaminação provocada pelo lixiviado. Além disto, serão realizados ensaios de solos como granulometria, grau de compactação e umidade.

d) Temperatura

A temperatura tem importante significado no processo de decomposição de resíduos, pois atua na cinética das reações bioquímicas responsáveis pela conversão de resíduos em gases, líquidos e compostos bioestabilizados. Poucos estudos práticos, em condições de campo, foram conduzidos no sentido de uma melhor compreensão, apesar da evidência da importância da temperatura no processo.

O monitoramento da temperatura do interior da massa de resíduo será realizado, medindo-se a temperatura do líquido (lixiviado) e da massa sólida. A temperatura do líquido será medida coletando-se lixiviado do piezômetro, enquanto para a medida da temperatura da massa sólida será instalado o equipamento de medição de temperatura (termopares) no furo de sondagem SPT, em profundidades diferentes. Um total de 9 verticais de termopares será instalado em todo aterro sanitário. A Figura 10:4 ilustra as medições de temperatura em aterros sanitários.

Figura 10:4: Ilustração dos fios dos termopares e do medidor de temperatura digital.



O Quadro 10:2 apresenta o plano de monitoramento geotécnico.

Quadro 10:2: Parâmetros e Frequência do Monitoramento Geotécnico.

Parâmetro/Ensaio/Leitura	Frequência
Sondagens SPT	Semestral
Ensaios dos materiais coletados nas sondagens SPT	Semestral
Coletas de chorume para realização de ensaios físico-químicos e bacteriológicos	Semestral
Medidas de temperatura	Quinzenal
Medidas do nível de líquido (Piezômetro)	Quinzenal
Medidas de recalques	Quinzenal
Coletas e ensaios dos gases	Mensal

10.5. MONITORAMENTO DOS GASES

A amostragem de gases permitirá por meio da medida de sua composição, pressão e temperatura avaliar o estágio de decomposição dos resíduos no aterro. Desta maneira, serão feitos ensaios mensais nas saídas dos principais drenos verticais de gases e na camada de cobertura para análise da fuga de gás. Caso seja concebido um projeto de captura do biogás e interligação dos drenos com uma rede de dutos para canalizar o biogás até um queimador tipo enclausurado ou usina de aproveitamento energético, o monitoramento poderá ser procedido nos principais ramais deste novo sistema.

É importante que o monitoramento dos gases seja realizado desde início da operação do aterro, haja vista o especial interesse em observar as variações de concentração dos principais gases gerados na decomposição dos resíduos (metano - CH_4 , dióxido de carbono - CO_2 e oxigênio - O_2). A Figura 10:5 indica uma representação esquemática das técnicas adotadas para o monitoramento de gases nos aterros e a Figura 10:6 mostra o medidor portátil de gases que pode ser utilizados no monitoramento do biogás.

Figura 10:5: Esquema de monitoramento dos gases em aterros de RSU.

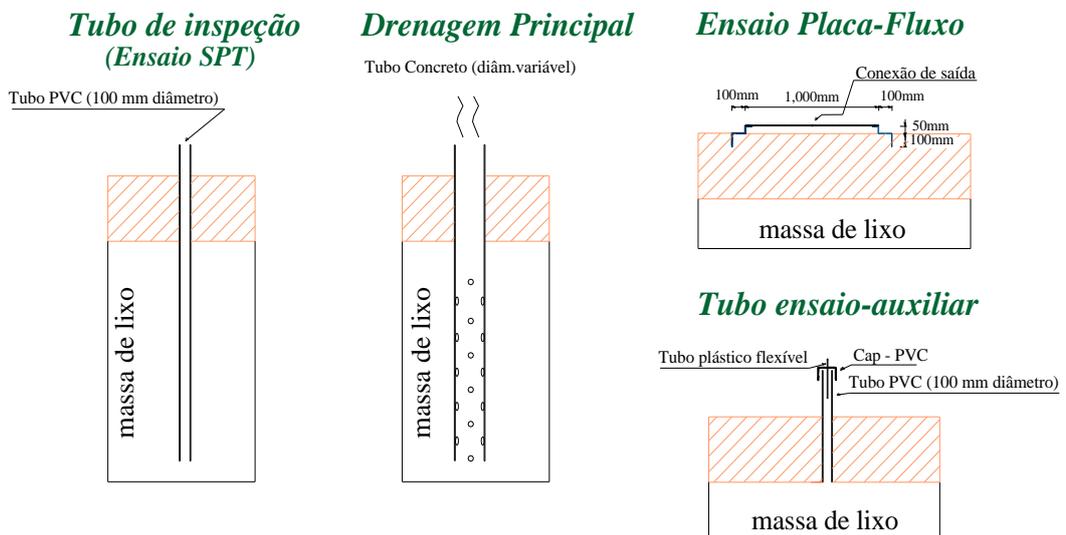


Figura 10:6: Equipamentos portáteis de análise do biogás.



Além das análises nos drenos e na camada de cobertura do aterro, os parâmetros de composição, vazão, pressão e temperatura dos gases poderão ser analisados sistematicamente nos piezômetros existentes no aterro. Neste último caso, o interesse é verificar a possibilidade de migração do biogás pelo subsolo haja vista que se trata de um aterro concebido numa região em vale. O Quadro 10:3 apresenta o plano de monitoramento geotécnico.

Quadro 10:3: Parâmetros e Frequência do Monitoramento de Gases

Parâmetro/Ensaio/Leitura	Frequência
Ensaio de Placa (emissões fugitivas pela camada de cobertura)	Mensal
Vazão, concentração e pressão dos gases nos drenos	Mensal
Medição de vazão, concentração e pressão dos gases nos piezômetros	Mensal

10.6 VETORES E ENFERMIDADES

Caso seja necessário, será realizada a desratificação e outros procedimentos específicos para a eliminação de vetores transmissores de enfermidades, com a aplicação semestral de venenos e raticidas. Deve-se também realizar a cobertura diária dos resíduos dispostos no Aterro Sanitário, visando inibir a presença de urubus, moscas, ratos, baratas, além do cercamento de toda a área para evitar a presença de animais domésticos, principalmente cães, e porcos.

11 – SERVIÇOS COMPLEMENTARES (MANUTENÇÃO)



11. SERVIÇOS COMPLEMENTARES (MANUTENÇÃO)

Sempre que se constatar algum problema o Aterro Sanitário deverá ser readequado rapidamente, de maneira a evitar o seu agravamento. Assim, é fundamental um serviço de manutenção eficaz.

Entre outros, são previstos os seguintes tipos de manutenção:

- Paisagismo;
- Manutenção da camada de cobertura;
- Manutenção do sistema de drenagem de lixiviado;
- Manutenção das máquinas e equipamentos;
- Manutenção da limpeza geral da área;
- Manutenção do sistema de monitoramento geotécnico;
- Manutenção do sistema de drenagem superficial;
- Manutenção das cercas e portões;
- Manutenção do Sistema de Drenagem e Queima do Biogás.

11.1 Paisagismo

A cobertura vegetal sobre as células de resíduo é importante para proteger o solo de erosões, pequenas rupturas nos taludes, entre outros. Deve-se, pois, atentar para sua manutenção. Algumas medidas adotadas para proteger a cobertura vegetal estão apresentadas no Quadro 11:1.

Quadro 11:1: Medidas de proteção da cobertura vegetal.

CAUSAS	SOLUÇÃO
Proximidade das raízes com o resíduo	Providenciar um espessamento da camada final do aterro
Baixa taxa de nutrientes na camada final	Adição dos nutrientes

11.2 Manutenção da Camada de Cobertura

O Aterro Sanitário apresentará recalques que poderão afetar sensivelmente a cobertura vegetal estabelecida, pois podem provocar o acúmulo de água em alguns pontos, ou mesmo induzir caminhos preferenciais para o encaminhamento d'água, criando erosões e carreamento de partículas, danificando, por conseguinte, a cobertura vegetal.

127

Além destes fenômenos (decorrentes mais especificadamente dos recalques) podem ocorrer outros que podem induzir à morte da espécie vegetal plantada, fato bastante perigoso para o aterro como um todo. Entre eles citam-se a morte de espécies vegetais pela proximidade das raízes com o resíduo, baixa taxa de nutrientes na camada final de cobertura, pouca capacidade de retenção d'água desta última camada (pouca umidade), temperatura do solo da camada final muito alta, camada final excessivamente compactada, consumo de oxigênio da camada final pelo oxidação do metano, entre outros.

Assim sendo, deve ser estabelecida uma rotina de inspeção da cobertura vegetal do aterro que envolve a inspeção de toda a área pelo menos uma vez por mês, à procura de espécies mortas.

Nenhuma tentativa de revegetar a área será bem-sucedida se não se souber quais as características do solo e se ele precisa de melhoramentos ou não. Sabe-se que grandes concentrações de zinco, cobre, magnésio, ferro, cádmio, entre outros, são extremamente danosas às plantas. Sabe-se, também, que a condutividade elétrica deve estar abaixo de 2 mohms para manter e preservar o balanço hídrico do solo.

11.3 Manutenção do Sistema de Drenagem de Lixiviado

É importante que o sistema de drenagem do lixiviado esteja operando corretamente. Para que isso ocorra é preciso:

- Inspeções visuais periódicas no sistema de drenagem;
- Remoção periódica do material depositado no fundo da caixa de passagem;
- Avaliação dos recalques, identificação de eventuais deslizamentos nos subaterros;
- Observar se o gás está sendo queimado.

11.4 Manutenção das Máquinas e Equipamentos

Realizar a limpeza dos equipamentos e máquinas ao fim de cada dia de trabalho e os possíveis reparos para conservá-los e garantir a eficiência do aterro.

11.5 Manutenção da Limpeza Geral da Área

A administração deve promover a remoção dos materiais espalhados pelo vento e, se necessário, usar cercas móveis. Com isso, evita-se transtornos e o comprometimento do aspecto estético da área.

11.6 Manutenção do Sistema de Monitoramento Geotécnico

O sistema de monitoramento geotécnico deve ser mantido durante toda a operação do aterro e após o encerramento das atividades. Cuidados a serem tomados:

- Proteção em volta dos instrumentos para que estes fiquem bem visíveis;
- Evitar tráfego próximo destes instrumentos.

Se, mesmo com todos estes cuidados, ainda ocorrerem danos, providenciar imediatamente o reparo ou troca (os piezômetros, por exemplo, não permitem reparo).

- Depressões em Taludes e Bermas

Fazer inspeções mensais em todos os platôs, terraços, bermas, taludes, entre outros. a procura de possíveis danos. Se os mesmos ocorrerem, deve-se fazer um reaterro para restaurar as condições anteriores, evitando, principalmente, o acúmulo de água na superfície do aterro.

Tendo em vista o elevado recalque que todo aterro apresenta, é inevitável que ocorram problemas com os greides de terraplenagem, com as inclinações de bermas, de taludes, entre outros. Por esse motivo deverão ser feitas inspeções mensais em todos os platôs, bermas, taludes, entre outros., procurando detectar onde se apresentou qualquer problema de subsidência. Tais locais podem se transformar em pontos de acúmulo de água na superfície do aterro, o que é extremamente desaconselhável. Nestes locais será imediatamente feito um reaterro, procurando restabelecer as condições locais anteriores. No caso dos taludes, quando for observado algum abatimento que esteja prejudicando os serviços (estreitamento de bermas, entre outros) será providenciado a retaludamento do mesmo e a nova cobertura com solo vegetal, restituindo-se a inclinação original.

11.7 Manutenção do Sistema de Drenagem de Águas Pluviais

A principal preocupação na manutenção do sistema de drenagem de águas pluviais diz respeito à manutenção das declividades desejadas para todos os dispositivos de drenagem estabelecidos.

O adequado funcionamento de redes de drenagens pluviais em aterros é dificultado pela ocorrência de recalques que variam entre 20 a 50% da sua altura inicial. Estes recalques tendem em muitos locais ocasionar inversão de declividades dos dispositivos de

129

drenagem. Deve ser previsto a execução de manutenções permanentes dos dispositivos de drenagem implantados, visando corrigir as distorções na medida em que elas venham a surgir, garantindo a plena funcionalidade do sistema.

A tendência natural de todo aterro de resíduos sólidos é sofrer grandes recalques à medida que ocorre a decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos. Estes recalques podem provocar os seguintes fenômenos:

A manutenção do sistema de drenagem superficial consiste em seguir alguns passos importantes:

- Verificação do Estado das Tubulações e Caixas

Ocorre principalmente por depressões e erosões visto que em sua maioria trabalham por gravidade. Deve-se vistoriar constantemente estes equipamentos para evitar a sua quebra; caso ocorra, deve-se reaterrar para corrigir as depressões e reexecutar a drenagem.

Observar os poços de visita das tubulações enterradas, as caixas que se localizam sobre depósito de resíduo, a presença de corpos estranhos e possíveis erosões laterais. É importante ficar atento aos pontos de lançamento de água direto no solo, pois estes são focos potenciais de erosão.

- Inversão no Sentido de Escoamento das Drenagens

Para eliminação deste problema, as canalizações de drenagem serão constantemente verificadas pois todas elas trabalham por gravidade. Depressões muito violentas que podem inviabilizar a correta drenagem serão eliminadas através da execução de reaterros convenientemente locados, e a reexecução dos sistemas de drenagem, restabelecendo assim o correto caimento dos dispositivos.

Eliminar as depressões muito violentas, através da execução de reaterros e a reexecução do sistema de drenagem, observando e aferindo o correto caimento. Essa medida pode não surtir efeito, sendo necessário medidas mais drásticas, como a execução de novos dispositivos de drenagem.

- Verificação do Estado das Canaletas

Verificar as condições de escoamento das canaletas (rachão, concreto, pedra entre outros.) mantendo-as sempre desobstruídas.

Para eliminação deste problema, as canalizações de drenagem serão constantemente verificadas pois todas elas trabalham por gravidade. Depressões muito violentas que podem gerar falta de suporte para os tubos, canaletas, escadas, entre outros... serão preenchidas através da execução de reaterros convenientemente locados seguidas da reexecução dos sistemas de drenagem.

Atenção especial será dada aos sistemas de drenagem das vias de acesso, procurando mantê-los sempre em adequada condição de trabalho (desobstrução de bueiros, canaletas, entre outros.).

- Quebra de Tubulações, Canaletas, entre outros, por Depressões, Erosões, entre outros.

Para eliminação deste problema, as canalizações de drenagem serão constantemente verificadas pois todas elas trabalham por gravidade. Depressões muito violentas que podem gerar falta de suporte para os tubos, canaletas, escadas, entre outros... serão preenchidas através da execução de reaterros convenientemente locados seguidas da reexecução dos sistemas de drenagem.

Atenção especial será dada aos sistemas de drenagem das vias de acesso, procurando mantê-los sempre em adequada condição de trabalho (desobstrução de bueiros, canaletas, entre outros.).

11.8 Manutenção das Cercas e Portões

Os portões e as cercas devem ser mantidos em perfeitas condições impedindo assim o acesso de pessoas não autorizadas e animais ao aterro sanitário.

11.9 Manutenção do Sistema de Drenagem e Queima do Biogás

A operação de um Aterro Sanitário requer cuidados especiais tendo em vista que o comportamento geotécnico e ambiental do maciço sanitário sofre constantes alterações ao longo do tempo (mínimo 20 anos) e suas instalações civis precisam estar devidamente integrada a este fator para não colocar em risco a segurança da obra.

O plano de manutenção do sistema de drenagem de biogás deverá ser realizado abrangendo todos os drenos verticais a serem implantados no Aterro Sanitário de Canindé de São Francisco com base no zoneamento (platô superior, intermediário e taludes) e nas seguintes atividades de inspeção:

1. Inspeções visuais semestrais para verificar o prumo (verticalidade) dos drenos haja vista que os mesmos poderão se deslocar com o tempo e reduzir a eficiência do escoamento do biogás. Na hipótese de os drenos estarem com inclinação excessiva ($> 30^\circ$), deve-se realizar a retirada dos últimos 2,0 – 3,0 metros do dreno para corrigir sua verticalidade. Este serviço pode ser realizado com auxílio de retro-escavadeira ou escavadeira hidráulica.
2. Inspeções visuais semestrais para verificar a cota da saída (topo) do dreno vertical em relação à camada final de cobertura. Em função dos recalques do maciço sanitário, é possível que a cota do dreno em relação à cobertura fique mais elevada com o tempo e pode-se haver quebra do tubo, maiores inclinações verticais ou, eventualmente, exposição de um trecho de tubo perfurado, que deveria estar no interior dos resíduos. Desta forma, quando a altura do dreno em relação à cobertura for superior a 2,0 metros, deve-se proceder a retirada de um trecho ou peça do tubo para minimizar os problemas comentados anteriormente.
3. A presença de fissuras acentuadas na camada de cobertura próxima aos drenos verticais pode facilitar o escoamento do biogás pela região externa do tubo e reduzir sua eficiência, além da possibilidade de ingresso de O_2 e líquidos na massa de resíduos. Desta forma, quando forem observadas fissuras com ordem de grandeza superior a 1,0 – 2,0 cm deve proceder à retirada do solo e recompactação da cobertura ou da massa de resíduos imediatamente inferior. Esta inspeção deve ser realizada visualmente com frequência trimestral.
4. Devido ao ambiente agressivo e de elevada temperatura, a peça utilizada no dreno vertical pode sofrer um processo de desgaste de materiais podendo levar a ruptura ou colmatção da seção do dreno. Caso este problema ocorra, deve-se proceder a substituição do trecho colmatado ou da peça danificada, levando em conta o limite operacional dos equipamentos disponíveis no aterro em relação à profundidade de 5,0 metros. É importante citar que esta inspeção deve ser feita mediante inserção de uma sonda (torpedo de nível d'água ou um tubo de aço galvanizado de 1") para verificar se a passagem interna do dreno está desobstruída. A frequência desta inspeção deve ser semestral.

5. O plano de monitoramento do biogás prevê medições de vazão nos drenos verticais e caso seja verificada redução excessiva na velocidade de escoamento do gás no dreno sem qualquer tipo de tendência ou histórico prévio, deve-se proceder à inspeção do dreno mediante inserção de sonda para verificar se a natureza do problema está relacionada ao dreno (obstrução por líquidos ou colmatagem / ruptura da seção) ou queda na produção de biogás na região.
6. A inspeção dos drenos verticais também deve envolver o monitoramento do nível de líquidos no interior do dreno. Desta forma, caso seja verificado presença acentuada e constante de líquidos em determinados drenos pode-se realizar o esgotamento dos líquidos com caminhão pipa (sucção) para não comprometer a eficiência do dreno e até mesmo a estabilidade geotécnica do aterro. A frequência desta inspeção deve ser semestral.
7. A presença de raízes das espécies vegetais que serão inseridas nos taludes e bermas deverão ser monitoradas para não ocasionar problemas físicos de integridade dos tubos de drenagem vertical. É importante destacar ainda que ao longo dos anos novas espécies surgirão em função da dinâmica do ecossistema local e neste caso deve-se evitar o crescimento de espécies arbustivas com distância inferior a 5,0 metros aos drenos verticais. A vegetação do tipo gramínea é recomendada para a área próxima ao dreno. A frequência desta inspeção deve ser semestral.

12 – PLANO DE ENCERRAMENTO DO ATERRO



12. PLANO DE ENCERRAMENTO DO ATERRO

Sabe-se que áreas utilizadas para aterros sanitários não são adequadas para construção de edificações de grande porte pela presença de emissões de biogás bem como pelo recalque diferencial elevado no solo.

No entanto, desde que os gases sejam definitivamente canalizados por drenos adequados mantidos, e desde que a cobertura final seja adequada para isolar os resíduos sólidos dispostos no terreno, as áreas poderão ser utilizadas para fins de recreação, pois não há impedimentos no sentido de se utilizar as áreas encerradas para a implantação de parques com atividades de lazer.

Para garantir a segurança da população vizinha ao aterro, recomenda-se a realização de acompanhamento sistemático da estabilidade do maciço, e avaliação das pressões internas de gases e do percolado, a partir do monitoramento dos poços piezométricos.

É importante lembrar que a reutilização da área para a implantação de um parque de lazer não ocorre imediatamente após o término da operação do aterro. Para isto ocorrer, serão tomadas medidas para evitar impactos no que se refere a erosão, desestabilização dos taludes e ao comprometimento das áreas situadas a jusante do aterro. Para tanto, é necessário a implantação de uma camada de cobertura final de aproximadamente 60 cm de espessura e o plantio de gramíneas e árvores de pequeno e médio porte, sobretudo resistentes às temperaturas elevadas.

Após o encerramento da disposição dos resíduos sólidos devem ser realizadas atividades de manutenção e controle para viabilizar a utilização da área e garantia da segurança da vizinhança do aterro. Neste sentido, o monitoramento e manutenção da área da célula e da lagoa de evaporação deve continuar por um período mínimo de 10 anos.

13 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. "Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação". NBR 13896/97
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos – Procedimento. NBR 843/85
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos Sólidos – Classificação NBR 10004/87;
- CETESB, Norma para Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos;
- CIDADES SUSTENTÁVEIS: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira/ Maria do Carmo Bezerra (coord.). Brasília:MMA-IBAMA, 2000.
- DAFA Consultoria, Geologia & Mineração. Prospecção geofísica aplicada a geologia . Local: área para instalação do aterro sanitário do Município de Canindé do São Francisco, 2019.
- Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales construidos. Garcia, Joan; Ruíz Anna; Junqueras, Xavier. 1998
- Design Criteria and Practice for Constructed Wetlands. Crites, Ronald W. 1994.
- TPF/Quanta (2017). "Produto 2.A: Diagnóstico dos Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Existentes" (2017)
- TPF/Quanta (2017). "Produto 2.B: Escolha e Caracterização das Alternativas Locacionais" (2017)
- Fernandez, M. E., Martin, S., Sastre, H., Maranon, E. (1995) "Production potencial of biogas in sanitary landfills". Sardinia Congress 1995, Italy, Balkema Publisher, pg.629-634.
- Gandolla, M., Acaia, C., Decka, Ina., (1995). "Previone dei Cedimenti della Superficie di una Discarica per RSU". Proceedings Italian-Brazilian Congress SIBESA, Gramado, Brazil.
- Tratamiento de los Resíduos Urbanos. American Public Works Association Institute for Solid Waste, Madrid. 1976;
- Thrupp, G., Baker, J., O'Sadnick, R. (1997) "Trasient-response pneumatic testing for evaluation and design of landfill gas extraction systems". Sardinia Congress 1997, Italy, Balkem Publisher, pg.515-522.

ANEXOS



PENETRAÇÃO (Nº GOLPES P/ 30cm)		NÍVEL DE ÁGUA (m)	COTA DA BOCA DO FURO (m)	PROFUND. DA CAMADA (m)	REPRES. DO PERFIL e Nº DE AMOSTRAS	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL			
Nº GOLPES	GRÁFICO								
Ni	Nf						10	20	30
9	18	NBo Encontrado - 11/04/19	214,07	TC	1 2 3	Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarelo escuro.			
43	48			1			CA		
48				2			R	Impenetrabilidade no trépano de lavagem com 2,44 m - Item 6.4.3.3 da NBR-6484/FEV2001	
				3					
				4					
				5					
				6					
				7					
				8					
				9					
				10					
				11					
				12					
				13					
				14					
				15					
				16					
				17					
				18					
				19					
		20							
AVANÇO NA LAVAGEM A CADA 10 MIN. (cm)		TC = Trado Concha R = Revestimento CA = Circulação de Água		LEITURAS DE NÍVEL DE ÁGUA		INFORMAÇÕES HASTES P/ PENETRAÇÃO NO TERRENO 23456a AMOSTRADOR PADRÃO: f INT.: 34,9 mm / f EXT.: 50,8 mm PESO DE BATER: 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 0,75 m			
2	1	DATA	10/04/19	11/04/19					
		HORA (h)	17:00	17:00					
Obs.: Furo Locado pelo Contratante. Não houve uso de Lama Bentonítica no Furo.		PROF. (m)	-	-		REPRESENTAÇÃO: PEDREGULHO ■ AREIA ● SILTE = ARGILA //			
ENGº. RESPONSÁVEL: <i>Marcos Vinícius</i>					DATA: ____/____/____				

PENETRAÇÃO (Nº GOLPES P/ 30cm)				NÍVEL DE ÁGUA (m)	COTA DA BOCA DO FURO (m)	PROFUND. DA CAMADA (m)	REPR. DO PERFIL e Nº DE AMOSTRAS	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
Nº GOLPES	GRAFICO							
Ni	Nf	10	20	30	40			
10	17						TC	Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarelo escuro.
44	49					1	CA	
49						2	E	Impenetrabilidade no trépano de lavagem com 2,45 m - Item 6.4.3.3 da NBR-6484/FEV2001
						2,45		
						3		
						4		
						5		
						6		
						7		
						8		
						9		
						10		
						11		
						12		
						13		
						14		
						15		
						16		
						17		
						18		
						19		
						20		

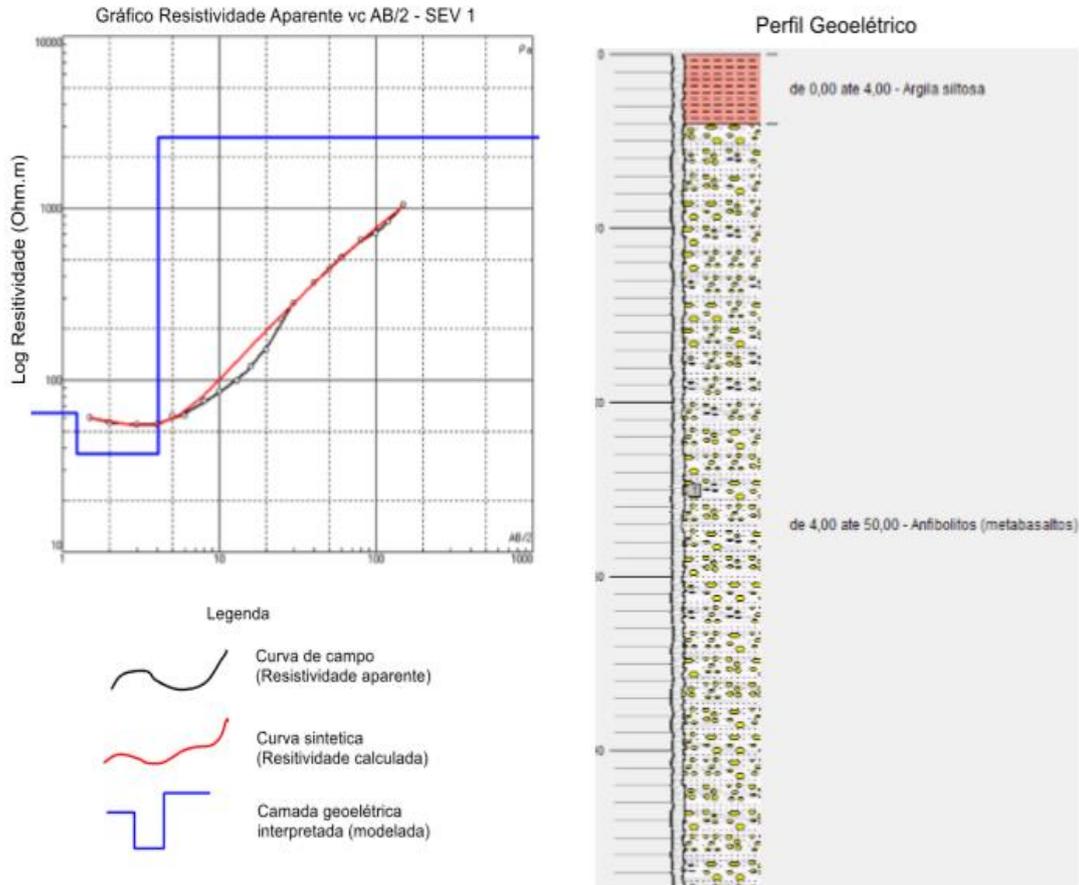
NÃO ENCONTRADO - 11/04/19

AVANÇO NA LAVAGEM A CADA 10 MIN. (cm)	TC = Trado Concha R = Revestimento CA = Circulação de Água	LEITURAS DE NÍVEL DE ÁGUA DATA: 10/04/19 11/04/19 HORA (h): 17:00 17:00 PROF. (m): - -	INFORMAÇÕES HASTES P/ PENETRAÇÃO NO TERRENO 23456m AMOSTRADOR PADRÃO: f INT.: 34,9 mm / f EXT.: 50,8 mm PESO DE BATER: 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 0,75 m
Obs.: Furo Locado pelo Contratante. Não houve uso de Lama Bentonítica no Furo.		REPRESENTAÇÃO: PEDREGULHO AREIA SILTE ARGILA	

ENG. RESPONSÁVEL: Marciano Benício Júnior DATA: ____/____/____

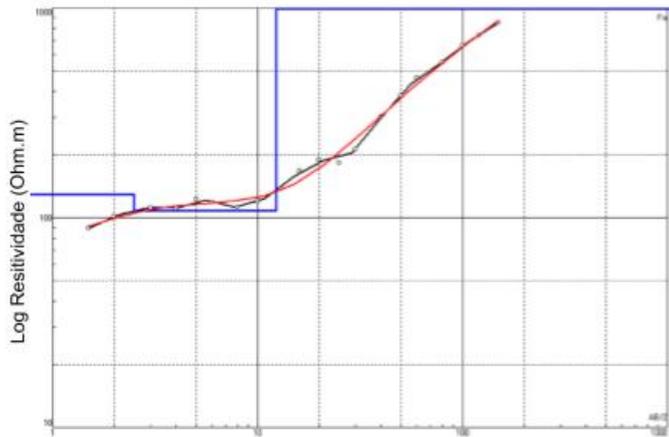
TI CONSTRUÇÕES (TDR)		PERFIL INDIVIDUAL DE FURO DE SONDAAGEM A PERCUSSÃO - SPT - NBR 6484/FEV2001			OBRA: 010/19 DATA: 20/04/19 REVISÃO: 0	
CONTRATANTE: CONSÓRCIO TPF-QUANTA				 DATA INÍCIO: 10/04/2019 DATA FIM: 10/04/2019		
OBRA: IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE CANINDÉ DE SÃO FRANCISCO		Nº= 8.929.007,586		E= 627.241,914		
LOCAL: CANINDÉ/SE		FURO: SPT - 04A				
PENETRAÇÃO (Nº GOLPES P/ 30cm)		NÍVEL DE ÁGUA (m)	COTA DA BOCA DO FURO (m)	PROFUND. DA CAMADA (m)	ESPEC. DO PERFIL E Nº DE AMOSTRAS	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
Nº GOLPES	GRAFICO					
Ni	Nf					
		10 20 30 40				
9	18		205,45	TC	1	Areia com presença de pedregulho, medianamente compacta à muito compacta, cor amarelo.
41	46			1	2	
49				2	3	
				2,43		Impenetrabilidade no trépano de lavagem com 2,43 m - Item 6.4.3.3 da NBR-6484/FEV2001
					3	
					4	
					5	
					6	
					7	
					8	
					9	
					10	
					11	
					12	
					13	
					14	
					15	
					16	
					17	
					18	
					19	
					20	
AVANÇO NA LAVAGEM A CADA 10 MIN. (cm)		TC = Trado Concha R = Revestimento CA = Circulação de Água	LEITURAS DE NÍVEL DE ÁGUA		INFORMAÇÕES HASTES P/ PENETRAÇÃO NO TERRENO	
I	I		DATA	10/04/19	11/04/19	23456a
			HORA (h)	17:00	17:00	AMOSTRADOR PADRÃO: f INT: 34,9 mm / f EXT: 50,8 mm
			PROF. (m)	-	-	PESO DE BATER: 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 0,75 m
Obs.: Furo Locado pelo Contratante.			REPRESENTAÇÃO: PEDREGULHO		AREIA	SILTE
Não houve uso de Lama Bentonítica no Furo.					ARGILA	
ENGº RESPONSÁVEL: <i>Marcos Vinícius Gomes</i>				DATA: ____/____/____		

ANEXO II – SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS – SEVs

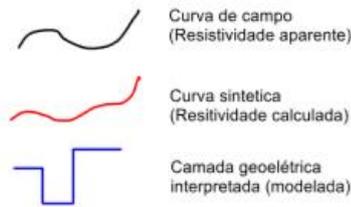


Perfil Geológico – SEV 1

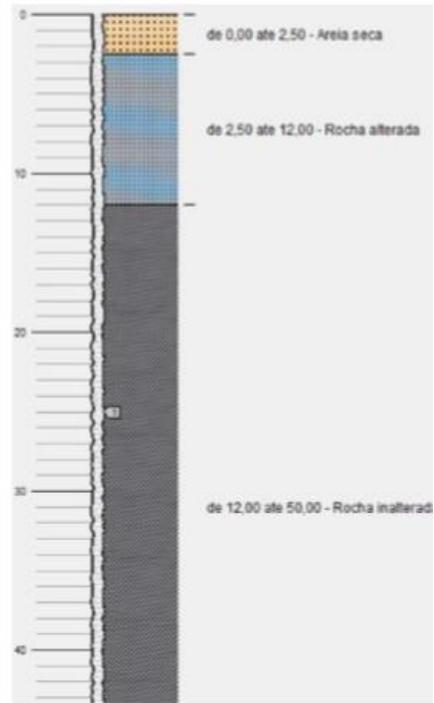
Gráfico Resistividade Aparente vc AB/2 - SEV 2



Legenda

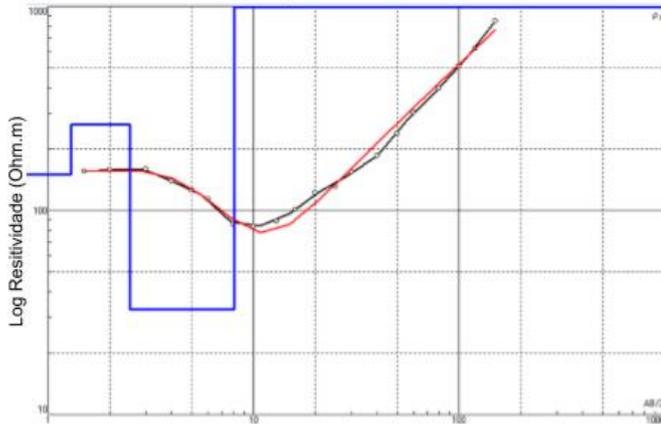


Perfil Geológico

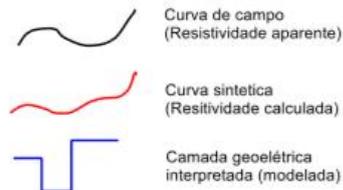


Perfil Geológico – SEV 2

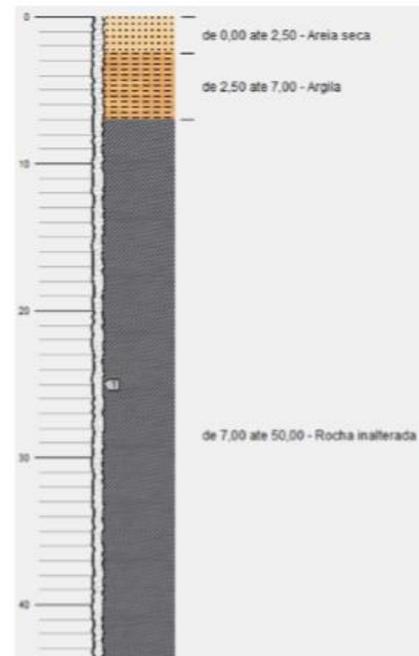
Gráfico Resistividade Aparente vc AB/2 - SEV 3



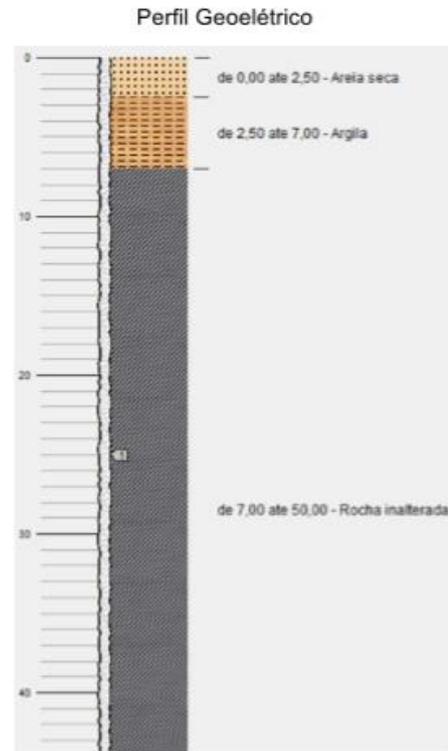
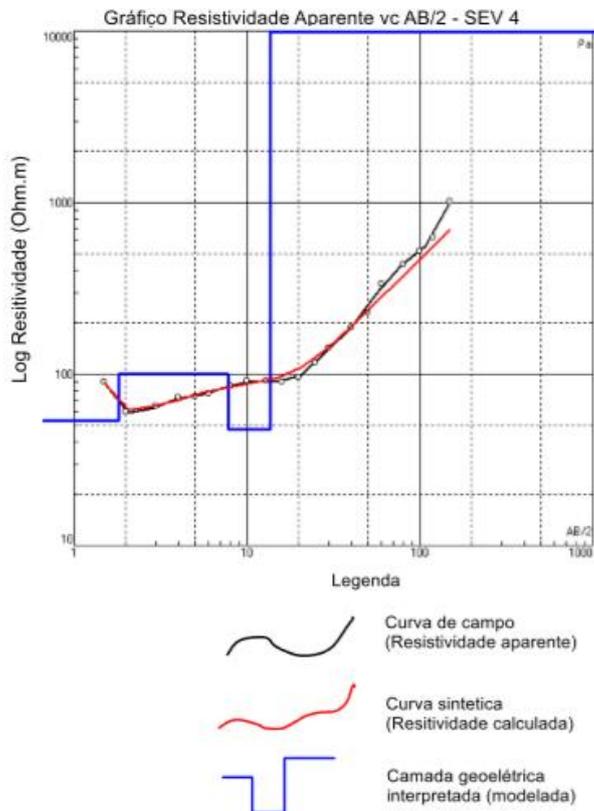
Legenda



Perfil Geológico



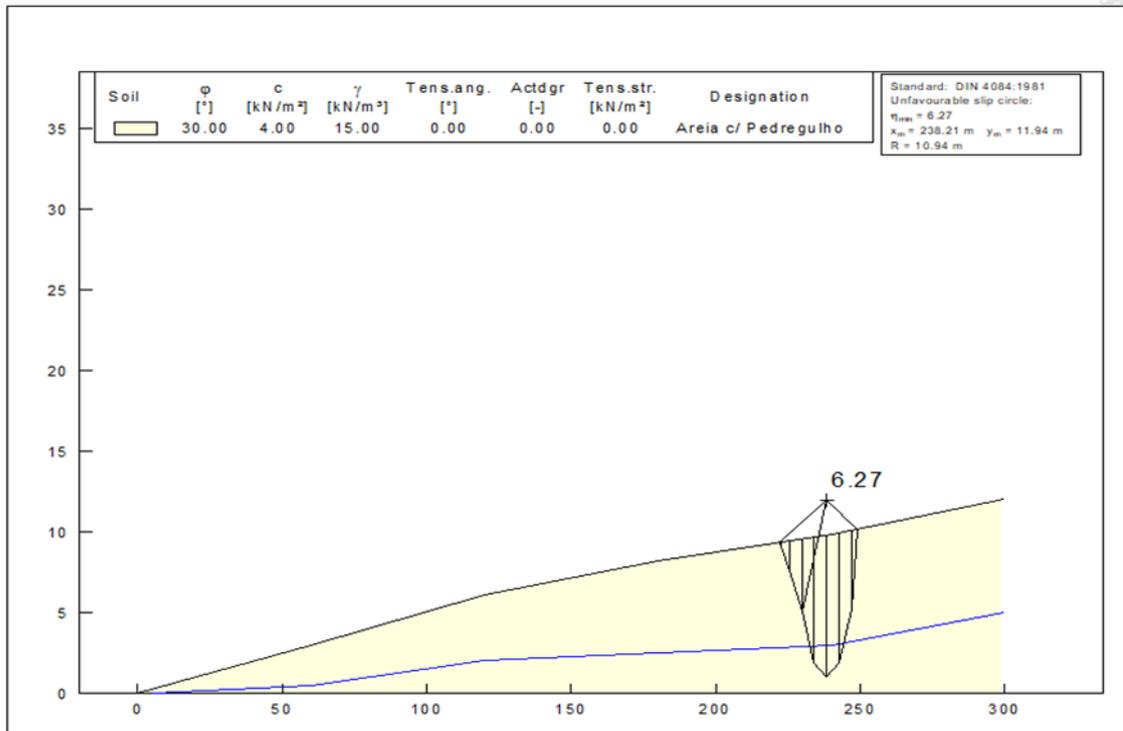
Perfil Geológico – SEV 3



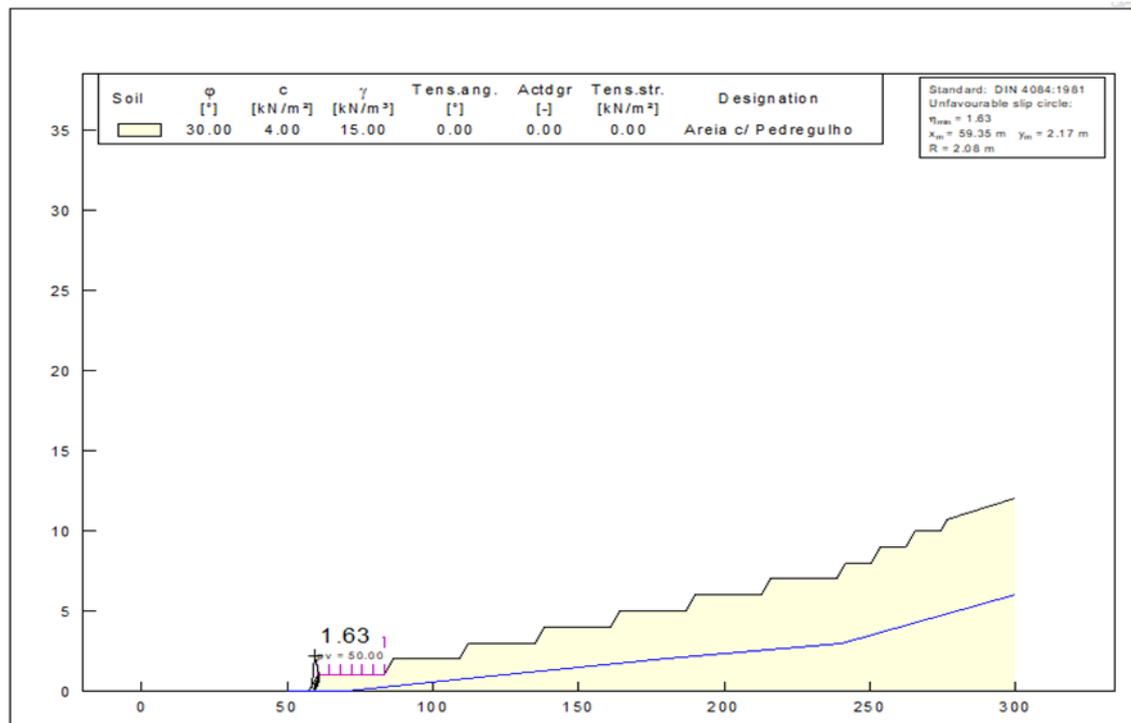
Perfil Geométrico – SEV 4

ANEXO III – RESULTADO DA ESTABILIDADE DE TALUDES

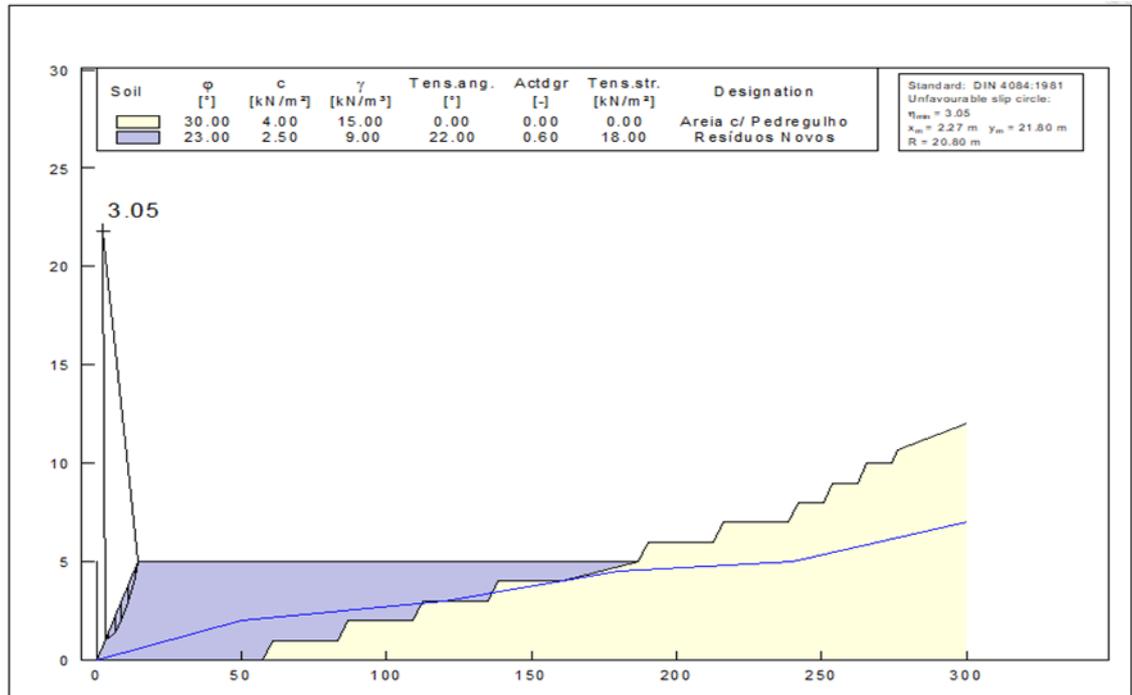
Caso 1: Cenário 1 - Resultado da modelagem no GGU-STABILITY.



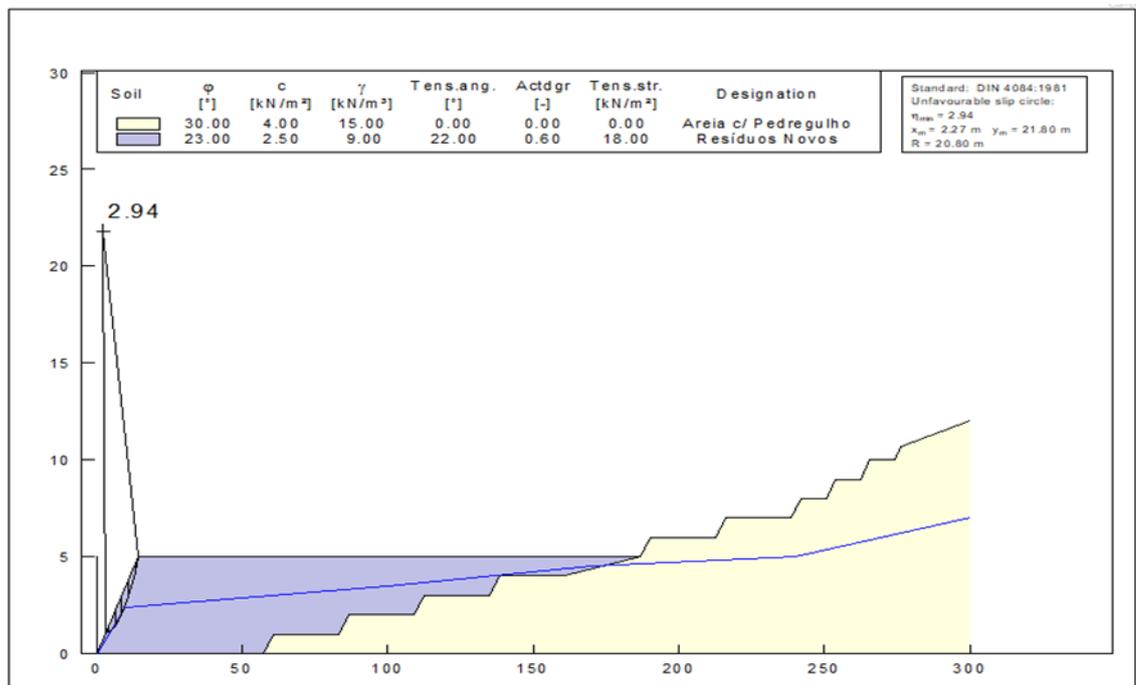
Caso 1: Cenário 2 - Resultado da modelagem no GGU-STABILITY.



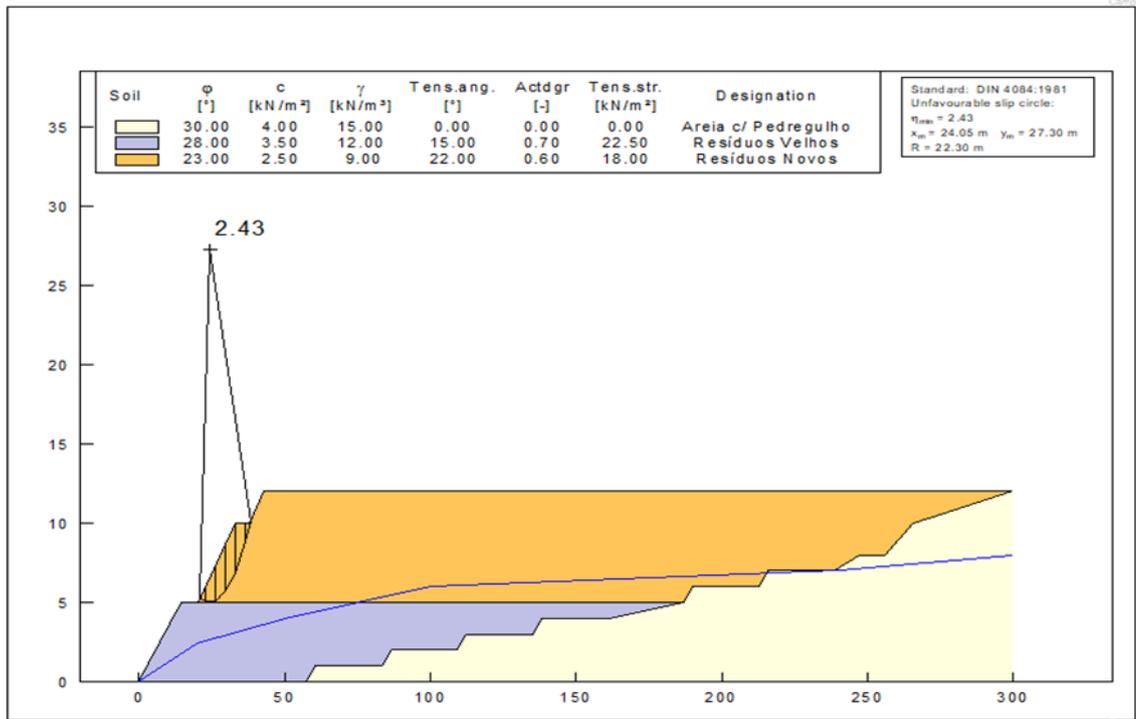
Caso 2: Cenário 1 - Resultado da modelagem no GGU-STABILITY.



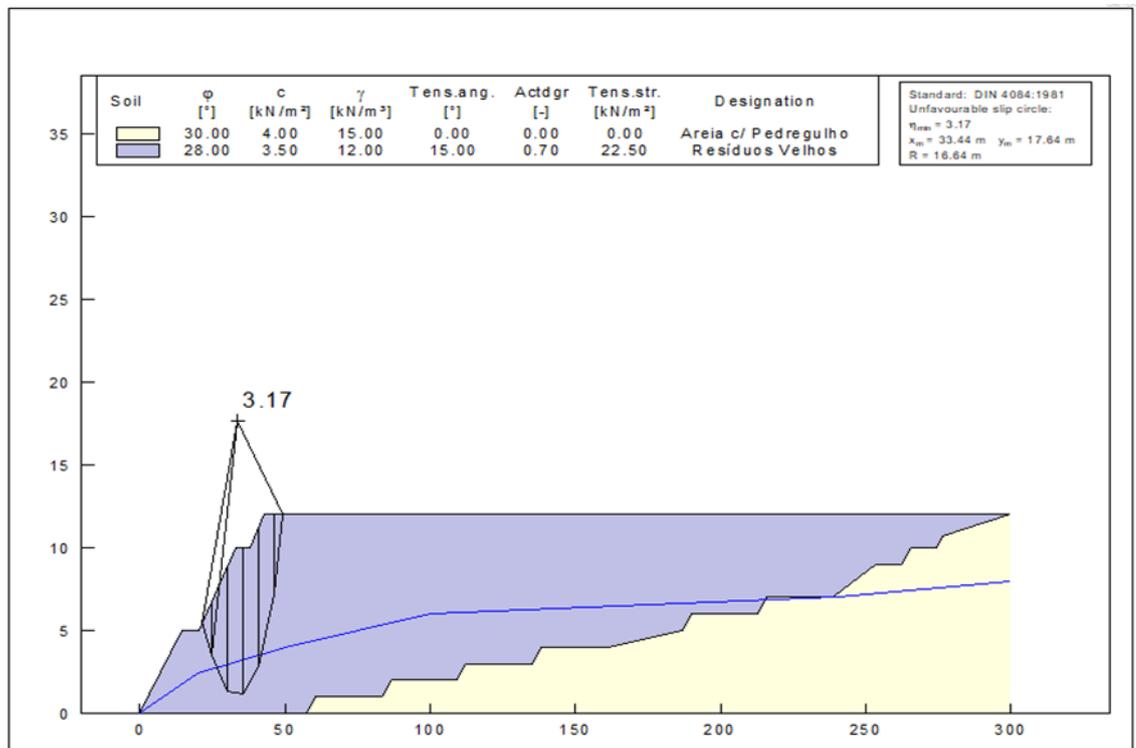
Caso 2: Cenário 2 - Resultado da modelagem no GGU-STABILITY.



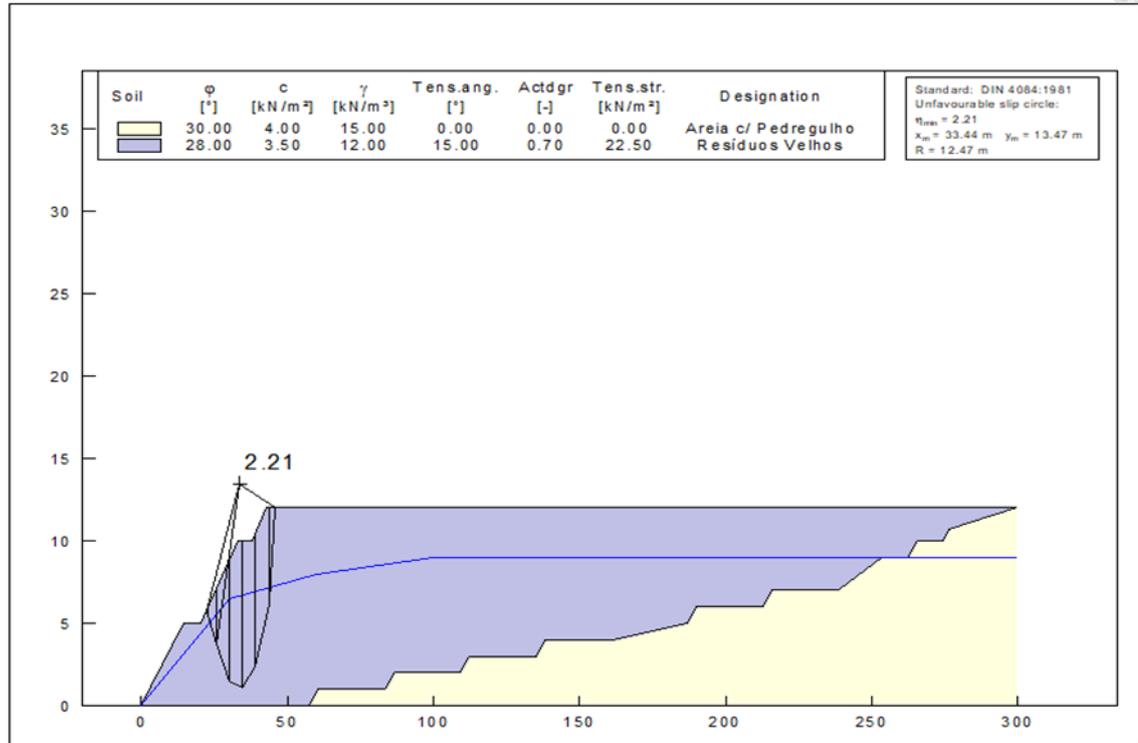
Caso 2: Cenário 3 - Resultado da modelagem no GGU-STABILITY.



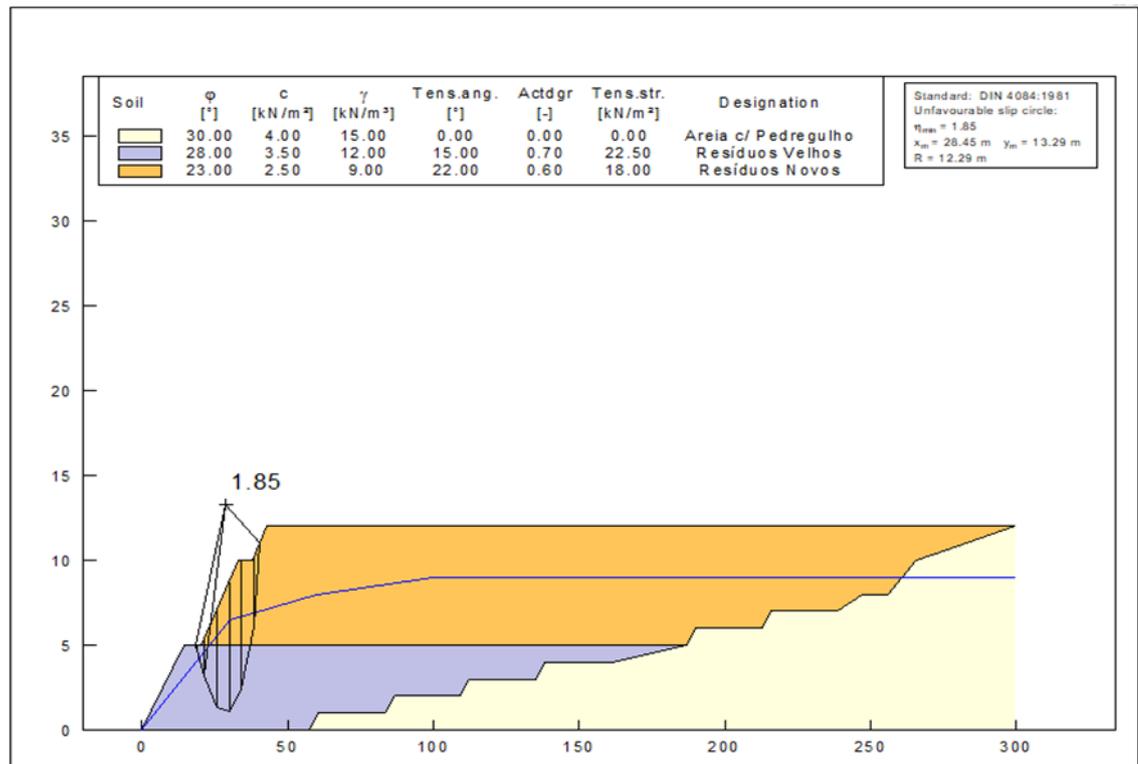
Caso 2: Cenário 4 – Resultado da modelagem no GGU-STABILITY.



Caso 2: Cenário 5 – Resultado da modelagem no GGU-STABILITY.



Caso 2: Cenário 6 – Resultado da modelagem no GGU-STABILITY.



ANEXO IV – PLANO DE OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

O Plano de Operação do Aterro Sanitário visa apresentar todas as informações necessárias à sua operação. No plano busca-se definir toda a rotina operacional básica do Aterro Sanitário, nele estão descritas todas as operações para o desenvolvimento de ações de acompanhamento da operação e da manutenção do aterro sanitário necessário para a avaliação do comportamento dos sistemas envolvidos, da movimentação, descarga e decomposição do resíduo, ou quaisquer outros acontecimentos que tenham uma capacidade real ou potencial de afetar a operação do aterro sanitário.

O aterro sanitário, como uma obra de engenharia, deve possuir uma rotina para a ordenação dos trabalhos e uma eficiência operacional. Sendo assim apresentamos a seguir os procedimentos operacionais a serem implementados no aterro nas suas várias atividades, compostos de atividades administrativas e as atividades operacionais, necessárias ao pleno funcionamento de forma integrada entre as ações de controle e as ações de operação.

ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS

Ações e Controles

Podemos destacar entre as atividades mais comuns em termos administrativos as seguintes ações: o controle de pessoas que aporta ao aterro, o controle dos resíduos a serem dispostos no aterro e dos materiais que serão utilizados para uma operação integrada.

Controle de Entrada de Pessoas

O controle de entrada de pessoas no aterro sanitário pode ser classificado em duas categorias:

- Mão de Obra Permanente Necessária à Operação do Aterro Sanitário

Será realizado um cadastro das pessoas que efetivamente trabalham na operação e na manutenção do aterro sanitário, deve-se constar no cadastro o nome, a função que exerce, o R.G., a data de admissão, o grau de instrução, o controle de imunização, a data de treinamentos operacionais, entre outros. A todas as pessoas cadastradas será fornecido um crachá de identificação que será de uso obrigatório.

Este cadastro deverá ficar em local de fácil acesso, para que o controle da segurança do aterro tenha facilidade de localização, de modo a permitir ou não a entrada

ao aterro sanitário, dentro dos procedimentos operacionais desejáveis. O responsável pela segurança ou pessoa por ele designado só deverá permitir o acesso da pessoa que satisfizer aos dois critérios abaixo descritos:

Ter seu nome na lista de funcionários a ele fornecido e

Estar mostrando o seu crachá de identificação bem visível.

Deverá haver na portaria um impresso de controle de funcionários, seguindo o modelo apresentado. Para a verificação da distribuição dos funcionários no aterro serão feitas quatro anotações de apontamento dos funcionários em serviços, sendo que estes apontamentos serão realizados no início e término dos seus turnos. Tal anotação se dará mecanicamente através de cartão de ponto. Para controle administrativo, a secção de Ponto elaborará um controle conforme apresentado nos Quadros 1 e 2..

Quadro 1 - Controle de Entrada de Funcionários

Dia: _____ Mês _____ Ano _____ Responsável: _____

Nome do Funcionário	RG	Manhã		Tarde	
		Hora de Entrada	Hora de Saída	Hora de Entrada	Hora de Saída

Quadro 2 - Apontamentos dos Serviços de Funcionários

Dia: _____ Mês _____ Ano _____ Responsável: _____

Nome do Funcionário	RG	Manhã		Tarde	
		Hora de Entrada	Hora de Saída	Hora de Entrada	Hora de saída

- Pessoas Estranhas ao Serviço que Desejem Entrar na Área do Aterro Sanitário com Objetivo Específico

As pessoas estranhas ao serviço deverão, quando chegarem à portaria, ser devidamente identificadas pelo vigia, com informações do tipo (Quadro 3):

Nome;

RG;

Empresa onde trabalha;

Objetivo da visita;

Funcionário com quem deseja manter contato.

Quadro 3 - Cadastro de pessoas

Nome	Empresa	RG	Objetivo da Visita	Contato

Controle de Entrada e de Passagem de Resíduos

- Controle de Entrada de Resíduos

O Controle do recebimento dos resíduos consiste na operação preliminar de vistoria, que será efetuada na portaria, onde os caminhões que transportam resíduos, antes de se dirigirem a balança para a pesagem, deverão ser vistoriados por fiscais treinados. Tais fiscais serão instruídos para não permitir que determinados tipos de resíduos e/ou firmas não autorizadas adentrem ao sistema do aterro sanitário. Para tanto, os fiscais da portaria deverão passar por um treinamento inicial para que possa ser delegada a autoridade de liberar ou não o ingresso de caminhões na área. Ressalta-se que apenas os resíduos classe II serão permitidos neste aterro.

Para que tal operação de controle seja a mais efetiva possível é necessário que seja feito um cadastro de todos os veículos que deverão se utilizar o aterro para depósito de resíduos, ficando tal documento sempre disponível na portaria para consulta pelos fiscais. Qualquer veículo que conste da relação terá acesso garantido ao aterro, desde que não contenha carga inadequada ao depósito.

Em todos os veículos deverá ser primeiro tirado a sua tara, sempre com o tanque completamente cheio, após inspeção pelo corpo de fiscais. O mesmo será cadastrado no sistema de Controle de Pesagem de Resíduos e receberá uma autorização (magnética) no para-brisa para poder adentrar ao aterro sanitário. Além deste controle, só será permitido a entrada de veículos que tenham adesivos de identificação da prefeitura a qual pertence, para melhor controle de resíduos por município. Outros veículos que cheguem ao aterro sem estes requisitos, não entrarão sob hipótese alguma, salvo liberação do engenheiro residente.

Caminhões que não constem no cadastro já mencionado só poderão adentrar ao aterro se forem devidamente acompanhados de autorização por escrito da gerenciadora do aterro, com descrição detalhada do veículo (tipo, nº chassi, nº da placa, motorista, entre outros.). Um modelo deste controle será apresentado a seguir, no Quadro 4.

Quadro 4 - Cadastro de Veículos Autorizados

Tipo de Veículo	Placa	Nº Chassis	Empresa Proprietário	RG	Motorista

- Controle Gravimétrico da Entrada de Resíduos Domésticos

O controle da origem, qualidade e quantidade de resíduos destinados ao sistema serão efetuados por meio da balança rodoviária, a qual se destina a controlar todo e quaisquer resíduos disposto no aterro. O sistema implantado para controle de entrada de resíduos será totalmente automatizado, onde o balanceiro apenas fiscalizará a emissão do ticket de pesagem, pois o veículo já foi cadastrado previamente e terá em seu para brisa um **chip de controle** com informações sobre placa, propriedade, chassi, tara, entre outros. O veículo só será liberado para pesagem se o sistema reconhecer tal cadastro. Em seguida será feita uma fiscalização do tipo de resíduos e após a liberação será realizada automaticamente a pesagem do veículo com os resíduos. O passo seguinte será a liberação pelo fiscal para o descarregamento dos resíduos em área previamente definida. Após o descarregamento dos resíduos ele retorna a outra balança para pesar novamente sendo neste instante emitido o ticket para controle. O Quadro 5 mostra o formulário que deve ser preenchido diariamente para controle da pesagem dos veículos.

O Controle do local de descarregamento dos resíduos será comunicado diariamente aos fiscais de controle de entrada de resíduos no início de cada turno, para que só se disponha os resíduos em áreas autorizadas. Caso algum motorista desconsidere a autorização do fiscal, descarregando os resíduos em local não autorizado, a empresa e o motorista serão advertidos e em caso de uma segunda infração o motorista será impedido de entrar na área do aterro sanitário, além da empresa sofrer as sanções previstas.

Quadro 5 - Formulário para pesagem diária de veículos

Dia: _____ Mês _____ Ano _____ Responsável: _____

Tipo de Veículo	Placa	Tipo de Material	Cadastro	Autorização	Autorizado por	Hora de Entrada	Hora de Saída	Peso		
								cheio	para	peso Líquido

- Controle de Entrada e de Passagem de Materiais

Para o controle de entrada de materiais que serão utilizados como material de construção e/ou manutenção do aterro.

Deverá haver um controle dos materiais de maior consumo na execução de serviços de cobertura, drenagem e manutenção de acessos, por serem estes os insumos de maior consumo e frequência de utilização em todas as fases do aterro. Para tanto será feito um acompanhamento da aplicação destes materiais, através de uma planilha de balanço de material, onde constarão informações sobre o local de utilização e estoques para cada tipo de material, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Balanço de Material de Cobertura, Acessos e Drenos

Dia	s e m	Entulho					Solo				Pedra de Mão				Brita nº 4				Tubos de			
		Estoque					Estoque				Estoque				Estoque				Estoque			
		Cob	Ace	Ent	Sai	Sal	Cob	Ent	Sai	Sal	Dre	Ent	Sai	Sal	Dre	Ent	Sai	Sal	Obr	Ent	Sai	Est
Dia	S																					
1	D																					
2	S																					
3	T																					
4	Q																					
...																						
26	Q																					
27	Q																					
28	S																					
29	S																					
30	D																					

Cob: cobertura; Ace: Acesso ; Ent: entrada; Sai: saída; Sal: saldo; Dre: drenagem;
Obr: obra; Est: estoque.

B) ATIVIDADES OPERACIONAIS

Ações e Controles

- Atividades preliminares à disposição dos resíduos domésticos

Geralmente, antes de se proceder ao início da disposição dos resíduos domésticos na área do aterro sanitário, uma série de atividades preliminares devem ser executadas, visando otimizar as atividades de deposição que se seguirão bem como evitar problemas ambientais. As principais atividades, preliminares, de um modo geral, são:

Limpeza da área;

Remoção e estoque de solo orgânico;

Terraplenagem de confinamento da célula;

Execução de drenagem provisória e definitiva nas áreas onde não existirá deposição;

Instalação de proteções ambientais (impermeabilização, sistema de drenagem de lixiviado, drenagem de gás, monitoramento, entre outros);

Preparo das entradas de acesso principal e secundária;

Construção das edificações de apoio (escritório, laboratório, balanças, cercas, unidade de triagem, entre outros).

- Limpeza da Área

As operações de desmatamento, destocamento e limpeza serão executadas mecanicamente e/ou manualmente, com utilização de equipamentos adequados, complementados com emprego de serviços manuais, e eventualmente, de explosivos. O equipamento será o normalmente utilizado em aterros e convenientemente listado a seguir. A critério da fiscalização, a eventual madeira resultante do desmatamento será depositada e convenientemente arrumada para posterior utilização. No presente caso, todas essas atividades listadas abaixo estão sendo consideradas como executadas quando da implantação do aterro, considerando-se então que todas as áreas de deposição já devem estar desmatadas e destocadas.

- Remoção e estoque de solo orgânico

Nenhum movimento de terra será iniciado até que as operações de desmatamento, destocamento e limpeza das áreas de interesse estejam totalmente concluídas e liberadas pela fiscalização.

O solo, em termos agrônômicos é a primeira camada da superfície da terra, de espessura variável de 0,1 m a 0,30 m ou mais, apta ao desenvolvimento das raízes das plantas, devido às suas características estruturais (relações entre parte mineral, ar e água) físicas (textura e porosidade), biológicas (micro-fauna e micro-flora), químicas (sais minerais) e de teor de matéria orgânica (humos).

Dado o exposto, considerando-se que o solo demora milênios para se formar, deve ser este preservado nas obras de terraplenagem, através de sua retirada e armazenamento em locais pré-determinados, para sua posterior utilização na proteção vegetal dos taludes e na recomposição das áreas degradadas (empréstimos, bota-fora, entre outros).

Assim sendo deve-se armazenar tal solo orgânico, para uso futuro, obedecendo-se os seguintes critérios:

O solo de toda a área da implantação do aterro sanitário é um solo de uma área de exploração de minérios – areia e argila e, portanto já degradado, onde após a implantação do aterro sanitário será recuperado ambientalmente;

O solo será armazenado em locais preestabelecidos pela fiscalização, logo após o desmatamento e antes das obras de terraplenagem, para posterior reutilização nas operações de revestimento vegetal;

A retirada da camada fértil (expurgo) será feita através de maquina de lamina, em operação cuidadosa, de modo a evitar que a lâmina penetre nas camadas subjacentes e com isso arraste também materiais em interesse agrícola, o que encareceria a operação.

- Terraplenagem de confinamento da célula

Configuram-se como as atividades de corte e aterro necessárias à obtenção dos platôs projetados, bem como da área de deposição.

- Execução de Drenagem Provisória e Definitiva nas áreas onde não existirá deposição

Os projetos previamente elaborados de drenagem e revestimento vegetal, só desempenharão as suas funções quando consolidados, o que implica necessariamente na adoção de um conjunto de medidas, que visa objetivamente controlar a erosão na região de disposição até a conclusão das obras de drenagem e que o revestimento vegetal se consolide. Tal drenagem provisória é fundamental para permitir que a área tenha condições operacionais de funcionamento mesmo sob condições adversas de clima através de chuvas intensas.

O projeto de controle do encaminhamento das águas superficiais durante a realização das obras (controle de erosão no local) consiste essencialmente em conseguir que o carregamento dos grãos de material seja, tanto quanto possível, diminuído e se possível se produza uma deposição muito próxima do local onde se deu o carregamento, evitando que os sedimentos atinjam a drenagem.

Por outro lado, a harmonia ecológica nas relações solo/água/flora, consiste inicialmente em se alcançar a consolidação de um tipo de revestimento vegetal constituído por gramíneas e leguminosas, isoladamente ou em conjunto, o que resultará numa massa verde como proteção mínima e inicial das superfícies expostas pelas obras.

Este revestimento de proteção inicial será o responsável pela reconstituição do solo, permitindo assim o desenvolvimento da natureza através da disseminação natural das espécies nativas circundantes, as quais passarão a encontrar então as condições mínimas de sobrevivência nesta área.

Considerando-se então que todas as áreas de deposição já devem estar protegidas com um sistema de drenagem provisória e que nas áreas de infraestrutura, acessos,

platôs, entre outros., já se encontra instalada a drenagem (bueiros, canaletas, caixas de passagens, entre outros.).

- Instalação de proteções ambientais:

- Execução e Impermeabilização da Base

A implantação da impermeabilização de base da área de destinação de resíduos domésticos do Aterro Sanitário se dará através de uma camada de argila devidamente compactada, atingindo índices de compactação de 100% do proctor normal com material com índice de 10^{-6} cm/s para a impermeabilização. Será usada uma camada de 0,60 m de argila para a completa impermeabilização do fundo da célula.

Tal sistema de impermeabilização é fundamental para garantia das condições ambientais do local e considera-se que toda essa impermeabilização de base será executada antes do início da operação de cada Etapa do aterro sanitário, considerando-se, assim que todas estas áreas de deposição já devem estar protegidas com sistema de impermeabilização de fundo, antes do início da operação da etapa posterior.

- Implantação das Redes de Drenagem – Lixiviado e Gases

Não se concebe qualquer disposição de resíduo numa célula sem que ela esteja com toda a sua rede de drenagem, de lixiviado e de gases totalmente executada, de acordo com o projeto executivo.

- Preparo das entradas de acesso principal e secundária

São os acessos destinados a permitir o trânsito de equipamentos e veículos em operação, com as finalidades de interligar cortes e aterros, assegurar acesso a célula, ao canteiro de serviço, empréstimos, jazidas, bota-fora e outros.

- Construção das Edificações de Apoio (escritório, balança, cerca)

São obras de infraestrutura necessárias as atividades de suporte a operação, tais como prédio, almoxarifado redes de água e de energia, cercas, entre outros.

- Resumo Geral

Em resumo pode-se dizer que, após a implantação do aterro, as únicas atividades preliminares que se impõem, preliminarmente à disposição, são aquelas relativas à execução dos drenos de lixiviado necessários a interligação dos mesmos aos drenos

verticais de gás, restritos ao local onde se quer efetuar a disposição. Para essas atividades serão necessários os equipamentos e pessoal listado no Quadro 7.

Quadro 7 - Atividades Preliminares – Resíduos Domésticos, Equipamentos e Pessoal a Utilizar

Atividade	Equipamento a utilizar	Uso do Equipamento	Mão de Obra a Utilizar
Locação de drenos de gás e de lixiviado	Material de topografia	Locações em geral	Equipe de topografia
Execução de dreno de gás e de lixiviado	Caminhão basculante Materiais	Para transporte de brita, geotêxil, entre outros.	Motorista e serventes
Execução do sistema de impermeabilização de base	Caminhão basculante Materiais	Para transporte de solo, entre outros.	Motorista, equipe para controle tecnológico

C) DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DOMÉSTICOS

A implantação correta do aterro sanitário depende de algumas operações, resumidas na compactação e cobertura das camadas de resíduo. A compactação do resíduo é realizada a medida em que se formam as células, com o objetivo de além de reduzir o volume, possibilitar o tráfego dos veículos de coleta carregados e dos equipamentos utilizados na operação do aterro, bem como reduzir o rebaixamento futuro da massa aterrada.

A técnica correta estabelece que o resíduo seja descarregado no solo, no sopé do início da vala ou da célula anterior, e empurrando por trator de esteira TIPO D6-E ou similar, formando rampas, com inclinação, correspondendo a 1(V) : 2,5 (H). Dessa forma, o peso do trator, concentrando-se na traseira do sistema de esteiras, quebra e amassa caixas, latas, garrafas, entre outros, reduzindo o volume do resíduo de maneira mais eficiente. Para obtenção de bons resultados, recomenda-se que a compactação se desenvolva no sentido ascendente e que seja repetida três a cinco vezes sobre cada camada de resíduo (Quadro 8).

Quadro 8 - Disposição de Resíduos Domésticos – Equipe e Pessoal a Utilizar

Natureza do Serviço	Equipamento / PESSOAL	Utilização Mensal
Controle Operacional do Aterro	01 Eng. ambiental residente 01 Técnico em meio ambiente	Integral
Segurança e controle	01 Técnico em Segurança do Trabalho	Integral
Operação de máquinas e veículos	06 operadores 04 motoristas	De acordo com os horários dos equipamentos e veículos
Serviços Gerais	04 Ajudantes de Serv. Gerais 01 Pedreiro	Integral
Topografia	01 Topógrafo 01 Ajudante	Integral

D) ATIVIDADES CONCOMITANTES COM A DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS

- Drenagem de Gases

No local em que se processa a disposição podem existir drenos de gás que precisam ser elevados juntamente com o resíduo que os rodeia. Essa elevação deve se proceder com a colocação da tela metálica para suportar as pedras rachinha, que então são colocadas no espaço anelar entre a parede do tubo e a tela. Feito o dreno vertical o resíduo deve ser encostado a ele, em todos os lados simultaneamente, com o objetivo de não provocar a inclinação do dreno, tirando-o do prumo. Tal encosto deve ser feito com cuidado, sugerido-se que seja feito de modo manual.

- Cobertura dos resíduos com solo

Sobre o solo o topo da camada e resíduo que for sendo acabada, deverá ser executada diariamente um a camada de cobertura argilosa na espessura máxima de 15 cm.

A espessura de recobrimento com solo final deverá ser de 60 cm nas áreas da célula onde a superfície ficará exposta permanentemente (bermas e taludes definitivos) .

Em épocas de estiagem deverá ser feito o recobrimento periódico da camada de cobertura com água (caminhão pipa), evitar o ressecamento excessivo do solo.

- Execução de proteção de taludes – Cobertura Vegetal (grama)

Nos taludes de resíduo onde a disposição já se encerrou, e que estejam já na conformação (posição, largura, declividade, entre outros) e cotas definitivas, e já dotados da cobertura resultante entre a mistura de solo e composto orgânico (camada oxidativa) de 60 cm, deverá ser feita de imediato à plantação das gramíneas, visando preservar os taludes.

- Descrição Geral dos Serviços a serem Controlados

Disposição do resíduo em rampa, compactação do resíduo em rampa;

Cobertura do resíduo com solo;

Confecção de acessos principais e secundários;

Corte de terra;

Carregamento de terra;

Transporte de terra;

Abertura de drenos;

Fechamentos de drenos;

Confecção de drenos de gás e execução de aterros;

Manutenção de taludes;

Carregamento de tubos, pedras, entre outros.

E) ATIVIDADES POSTERIORES A DEPOSIÇÃO DE RESÍDUO DOMÉSTICO

- Execução do sistema de drenagem definitiva nas áreas de deposição já encerrada

Nos taludes de resíduo onde a deposição já se encerrou, e que estejam já na conformação e cotas definitivas, e já devidamente gramados, deverá ser feita de imediato à execução de todos os elementos de drenagem previstos para aquele local (canaletas, descida em rachão, entre outros.), visando preservar os taludes.

- Monitoramento do aterro

O monitoramento do aterro sanitário deve seguir as especificações descritas no item de Plano de Monitoramento deste projeto.

- Controle de Vetores

O recobrimento diário dos resíduos com terra evitará a proliferação de vetores durante a operação e, no encerramento do aterro, a camada final de resíduos ficará coberta com espessura mínima de 0,60 m da mistura de solo + composto. Com esta medida, os vetores, tais com insetos, aves e roedores estarão devidamente controlados.

- Manutenção do sistema viário

Os acessos em geral terão um sistema de manutenção visando principalmente manter as características de largura, declividade longitudinal e transversal da via, e drenagem existentes quando da implantação da mesma.

Deverão ser desenvolvidos trabalhos de inspeção ao longo dos acessos (uma vez por semana) procurando detectar a ocorrência de alguns danos. Caso se detecte qualquer anomalia serão executados todos os serviços necessários de modo a recompor as características da via, tais como reexecução da base (subleito), troca de solo, recomfortará as declividades transversais, desobstrução de bueiros, canaletas, entre outros.

Em termos de recuperação, as principais ações a serem tomadas dizem respeito a reconstituirão do subleito e do pavimento que suportam a camada rolante, que porventura tenham sido destruídos ou erodidos, ou mesmo estejam apresentando o fenômeno denominado "solo borrachudo". Para tal, se fará a retirada do solo ruim (se for o caso), a recomposição do trecho danificado com execução de aterro controlado com novo material, com vistas a reconstrução da geometria original da estrada, obtendo-se assim um subleito dentro das especificações técnicas desejadas.

