

CENTRAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS –
CGR OÁSIS

MUNICÍPIO DE PIRACICABA – SP

EIA – ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

VOLUME II

CONTEÚDO DO EIA – CGR OÁSIS

VOLUME II

Índice

1.	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	8
2.	NORMAS TÉCNICAS PERTINENTES	12
3.	CLASSIFICAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS REÍDUOS.....	14
4.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA GLEBA	17
4.1.	CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA	17
4.1.1.	Caracterização do uso e ocupação do solo do entrono.....	19
5.	ELEMENTOS DO PROJETO	26
5.1.	DEFINIÇÃO DA CONFORMAÇÃO GEOMÉTRICA DO ATERRO.....	26
5.2.	FUNDAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO CAPACIDADE DE SUPORTE DO ATERRO	31
5.2.1.	Sondagens de Simple Reconhecimento	31
5.2.2.	Investigações Geofísicas.....	33
5.2.1.	Investigações Geotécnicas.....	36
5.2.2.	Análises Químicas	39
5.3.	FORMAÇÃO DAS CAMADAS DE CÉLULAS	42
5.4.	DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE GEOTÉCNICA.....	43
5.5.	ESTUDO DE ESTABILIDADE	44
5.6.	AVALIAÇÃO DE RECALQUES	48
6.	DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL.	49
6.1.	SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE	49
6.2.	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E PERCOLADOS.....	50
6.3.	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL.....	51
6.4.	COBERTURA FINAL DO ATERRO.....	53

6.5.	TRATAMENTO DOS LÍQUIDOS PERCOLADOS	54
6.5.1.	Características do Percolado	54
6.5.2.	Tratamento do Líquido Percolado da CGR OÁSIS de Piracicaba e Proposta para o Sistema.....	55
6.5.3.	Concepção Preliminar da Estação de Tratamento de Chorume - ETC	56
6.6.	FECHAMENTO E SEGURANÇA DA ÁREA.....	58
6.7.	DEFINIÇÃO DAS JAZIDAS DE MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	59
7.	MEMORIAL DE CÁLCULO	60
7.1.1.	Sistema De Impermeabilização.....	60
7.1.1.1.	Verificação da espessura da manta de PEAD	60
7.1.1.2.	Verificação do fator de segurança no trecho inclinado	62
7.2.	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E PERCOLADOS	64
7.3.	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL.....	69
7.3.1.	Intensidade de chuva crítica	69
7.3.2.	Projeto hidráulico dos elementos do sistema de drenagem superficial	73
7.3.3.	Resumo do dimensionamento do sistema de drenagem.....	83
8.	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS E DAS OBRAS.....	83
8.1.	ATERRO DE REGULARIZAÇÃO DE BASE E DO DIQUE DE DISPARO	84
8.2.	GEOCOMPOSTO IMPERMEABILIZANTE - GCL	86
8.3.	GEOCOMPOSTO DRENANTE.....	87
8.4.	GEOTÊXTIL NÃO-TECIDO	88
8.5.	GEOMEMBRANA DE PEAD	88
8.6.	ATERRO DE PROTEÇÃO TERMO-MECÂNICA DA GEOMEMBRANA	90
8.6.1.	Características do Solo para Utilização como Aterro de Proteção Termo-Mecânica	90
8.6.2.	Compactação do Aterro de Proteção Termo-Mecânica	90
9.	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS OPERACIONAIS DO ATERRO SANITÁRIO	92
9.1.1.	Acessos, Iluminação e Isolamento da área do aterro	92
9.1.2.	Recebimento e Pesagem dos Resíduos.....	93
9.2.	INFRA - ESTRUTURA DE APOIO DA CGR OÁSIS	94

9.3.	ESTIMATIVAS DE MÃO-DE-OBRA PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO ATERRO.....	94
9.4.	DESCRIÇÃO DE FUNÇÕES/ESPECIFICAÇÕES DE MÃO-DE-OBRA	99
9.5.	FREQÜÊNCIA E HORÁRIO DE RECEBIMENTO.....	100
9.6.	PLANO DE CONTROLE DO RECEBIMENTO DE RESÍDUOS	101
10.	PLANO DE MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO CONTROLE OPERACIONAL DA CGR OÁSIS	103
10.1.1.	Monitoramento Geotécnico.....	103
10.1.2.	Monitoramento Ambiental.....	105
10.1.2.1.	Águas Subterrâneas	105
10.1.2.2.	Águas Superficiais	105
10.1.2.3.	Revegetação.....	106
11.	DESATIVAÇÃO E USO FUTURO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO.....	107
12.	CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO	111

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1: Área Do Empreendimento Próxima a Rodovia com Característica Rural.....	9
Figura 2: Acessos Locais.....	10
Figura 3: Foto aérea mostrando a malha viária do local.....	11
Tabela 1: Avaliação da Demanda de Destinação final de Resíduos domiciliares urbanos gerados no município de Piracicaba – Fonte: Fral/2009.	15
Figura 4: Levantamento Topográfico.....	18
Figura 5: Lay-Out geral do aterro.	27
Tabela 2: Estimativa de vida útil do empreendimento. Fonte: Fral/2009.....	28
Figura 6: Área de Jazidas.	29
Figura 7: Etapas de Execução da Escavação.....	30
Tabela 3: Estimativa da permeabilidade in situ a partir de ensaios de infiltração (EPT, 2008a).....	32
Figura 8: Resultado da modelagem da SEV 5 executada na área (Geo Ambiental SS, 2008).....	34
Figura 9: Resultado da sondagem SP 3 executada na área (EPT, 2008a)	35
Tabela 4: Resumo das características geotécnicas dos solos superficiais locais a partir de ensaios laboratoriais em amostras de solo utilizados do local. (EPT, 2008b).	38
Tabela 5: Resultados dos ensaios de compactação e permeabilidade das amostras misturadas com bentonita (EPT, 2008b).	39

Tabela 6: Características dos poços de monitoramento construídos na área (EPT, 2008a).....	40
Figura 10: Características geométricas dos poços de monitoramento (EPT, 2008a)....	41
Tabela 7: Parâmetros de resistência adotados para os estudos de estabilidade.	45
Tabela 8: Fatores de segurança para as seções de estabilidade estudadas.....	45
Figura 11: Análise de estabilidade para Seção 1.....	46
Figura 12: Análise de estabilidade para Seção 2.....	46
Figura 13: Análise de estabilidade para Seção 3.....	47
Figura 14: Sistema de impermeabilização de base (liner) para o Aterro Sanitário de Piracicaba-SP.....	49
Figura 15: Fluxograma do processo de tratamento da ETE.....	57
Figura 16: Modelo para cálculo da espessura da manta de PEAD.....	60
Tabela 9: Verificação da espessura da manta de PEAD.	61
Figura 17: Diagrama dos esforços de tração aplicados na manta de PEAD.....	62
Tabela 10: Verificação do fator de segurança para instalação da manta de PEAD.	63
Tabela 11: Condutividade hidráulica para materiais drenantes.....	64
Tabela 12: Valores de Rh (Raio Hidráulico) para britas	65
Tabela 13: Dimensionamento dos drenos primários (tapete drenante).	66
Tabela 14: Dimensionamento hidráulico do tubo principal.....	67
Tabela 15: Dimensionamento da lagoa de contenção de chorume.....	68

Tabela 16: Coeficientes de escoamento superficial (C) (CETESB, 1979).	71
Tabela 17: Quantificação das vazões pelo método racional.	72
Tabela 18: Velocidade máxima de escoamento (Porto, 1998).	75
Tabela 19: Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de berma.	76
Tabela 20: Memorial de cálculo do dimensionamento das descidas d'água em geocélula.	78
Tabela 21: Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta provisória retangular de concreto.	81
Tabela 22: Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de contorno retangular de concreto no aterro.	82
Tabela 23: Caracterização dos elementos de drenagem – CGR Oásis.	83
Tabela 24: Especificações do Geocomposto Impermeabilizante - GCL.	86
Tabela 25: Especificações do Geocomposto Drenante.	87
Tabela 26: Especificações Geotêxtil Não-tecido.	88
Tabela 27: Especificações da Geomembrana de PEAD 2mm.	89
Tabela 28: Descrição da mão de obra	95
Tabela 29: Descrição da mão de obra administrativa	96
Tabela 30: Descrição Organização do Pessoal - Manutenção.	96
Tabela 31: Descrição Mão de Obra - Operacional	97
Tabela 32: Descrição mão de obra – Controle Ambiental	98

Tabela 33: Mão de Obra Total Alocada no Aterro.....	98
Tabela 34: Turnos	101
Tabela 35 – Planilha com Custos para 1º e 2º Etapa (Vida Útil 2,5 anos)	112
Tabela 36 - Planilha com Custos para todo Período Empreendimento	113

1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento objeto deste licenciamento ambiental será uma Central de Gerenciamento de Resíduos – CGR Oásis a ser implantada e operada em conformidade com os critérios e procedimentos estabelecidos pelas legislações ambientais incidentes e normas técnicas específicas. Sua inserção pode ser visualizada através da Figura 1 a seguir.

O presente projeto caracterizado a seguir e detalhado nos volumes de projeto apresentado no anexo II a este EIA, está sendo proposto para o recebimento de resíduos sólidos Classe II A e II B das indústrias tais como:

- Origem domiciliar, industrial e comercial gerados no município de Piracicaba – SP.
- Outros resíduos de processos industriais, classificados segundo a NBR 10.004/2004 como Classe II A.

O transporte dos resíduos sólidos será efetuado através de caminhões compactadores, carretas ou poliguindantes.

O acesso a área destinada ao empreendimento será feito pela Rodovia Estadual Laércio Corte – SP147, através do trevo existente no km 132, na margem direita da área sentido da cidade de Limeira tomando – se a seguir uma via marginal até a rotatória de acesso a portaria de entrada do empreendimento.

Os principais acessos e vista geral das rodovias existentes no entorno da área são ilustrados nas Figuras 2 e 3.



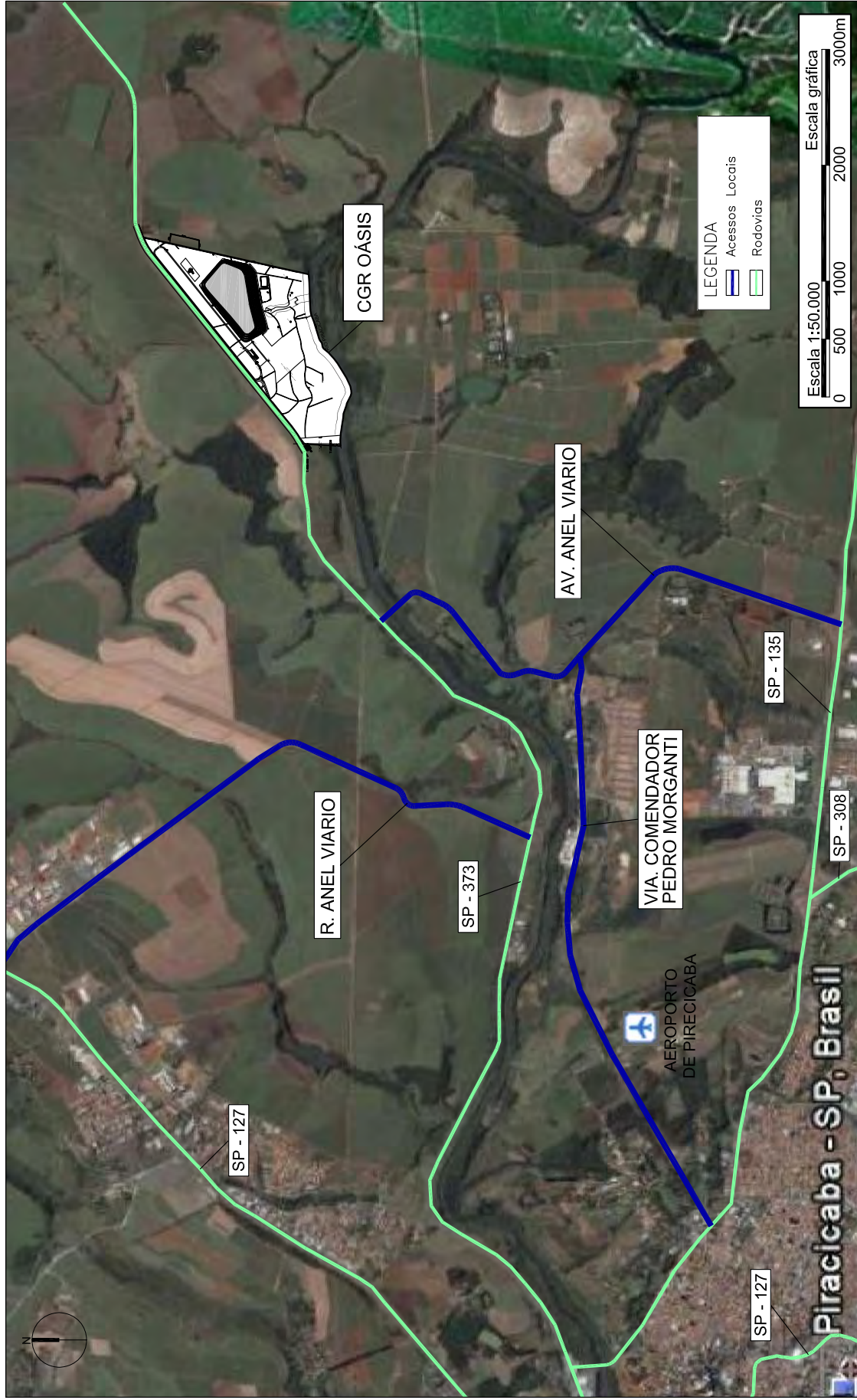


Figura 2: ACESSOS LOCAIS



Figura 3: FOTO AÉREA MOSTRANDO A MALHA VIÁRIA DO LOCAL

2. NORMAS TÉCNICAS PERTINENTES

Este item apresenta as normas técnicas referentes especificamente à disposição de resíduos sólidos. A legislação ambiental incide e aplicável à implantação da Central de Gerenciamento de Resíduos - CGR Oásis é apresentada detalhadamente no Volume I deste EIA.

As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT que trazem conceitos relativos à disposição de resíduos sólidos são as seguintes:

ABNT NBR 8.044 – Projeto Geotécnico;

ABNT NBR 8.419 – Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos;

ABNT NBR 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação

ABNT NBR 10.005 – Procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos

ABNT NBR 10.006 – Procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos

ABNT NBR 10.007 – Amostragem de Resíduos Sólidos

ABNT NBR 10.151- Avaliações do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimentos

ABNT NBR 10.152 – Níveis de ruído para conforto acústico

ABNT NBR 12.980 – Dispõe sobre a coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos

ABNT NBR 12.988 – Líquidos livres – Verificação em amostra de resíduos

ABNT NBR 13.895 – Construção de poços de monitoramento e amostragem

ABNT NBR 13.896 – Aterros de Resíduos Não perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação

ABNT NBR 15.113 – Resíduos Sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 15.224 – Geotêxteis – Instalação em trincheiras drenantes.

3. CLASSIFICAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS REÍDUOS

A Central de Gerenciamento de Resíduos – CGR Oásis deverá ser implantada com a finalidade de dar tratamento e disposição adequada dentro dos parâmetros técnicos e ambientais aos resíduos sólidos a seguir.

I. A prestação dos serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final de:

- resíduos sólidos e material de varredura domiciliar;
- resíduos sólidos domiciliares não residenciais, originários de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, entre outros com características de Classe II-A , conforme NBR 10004 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- resíduos inertes, caracterizados como Classe II-B pela norma técnica referida no sub item anterior, entre os quais entulhos, terra e sobras de materiais de construção civil.

A demanda de resíduos a ser encaminhado a CGR Oásis considera, portanto, o montante de 500 toneladas/dia, que serão dispostas durante um período de 20 anos de operação, englobando um total acumulado de cerca de 2.800.000 toneladas de resíduos ao final de sua vida útil das quais aproximadamente 2.100.000 toneladas de RSU's. Esse total já considera todas as taxas de crescimento ao longo dos anos.

A Tabela 01 apresenta as quantidades de resíduos urbanos estimados para uma vida útil de 20 anos de operação.

Vida útil anos	Ano	População Residente	População Atendida	Per Capita kg/dia	RSU gerado ton/dia	RSU gerado ton/ano	RSU acumulado m3
1,0	2.009	368.489	350.065	0,70	245,05	89441,59	99.380
2,0	2.010	373.503	354.828	0,70	248,38	90658,55	200.111
3,0	2.011	378.517	359.591	0,70	251,71	91875,51	302.195
4,0	2.012	383.531	364.354	0,70	255,05	93092,47	405.631
5,0	2.013	388.544	369.117	0,70	258,38	94309,44	510.420
6,0	2.014	393.558	373.880	0,70	261,72	95526,40	616.560
7,0	2.015	398.572	378.643	0,70	265,05	96743,36	724.053
8,0	2.016	403.586	383.406	0,70	268,38	97960,32	832.897
9,0	2.017	408.599	388.169	0,70	271,72	99177,28	943.094
10,0	2.018	413.613	392.932	0,70	275,05	100394,24	1.054.644
11,0	2.019	418.627	397.696	0,70	278,39	101611,21	1.167.545
12,0	2.020	423.641	402.459	0,70	281,72	102828,17	1.281.798
13,0	2.021	428.654	407.222	0,70	285,06	104045,13	1.397.404
14,0	2.022	433.668	411.985	0,70	288,39	105262,09	1.514.362
15,0	2.023	438.682	416.748	0,70	291,72	106479,05	1.632.672
16,0	2.024	443.696	421.511	0,70	295,06	107696,02	1.752.334
17,0	2.025	448.709	426.274	0,70	298,39	108912,98	1.873.349
18,0	2.026	453.723	431.037	0,70	301,73	110129,94	1.995.715
19,0	2.027	458.737	435.800	0,70	305,06	111346,90	2.119.434
20,0	2.028	463.751	440.563	0,70	308,39	112563,86	2.244.505

Tabela 1: Avaliação da Demanda de Destinação final de Resíduos domiciliares urbanos gerados no município de Piracicaba – Fonte: Fral/2009.

A norma NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT denominada de “Classificação de Resíduos Sólidos” estabelece a seguinte classificação para os resíduos.

a) Resíduos Classe I – Perigosos

São aqueles que apresentam periculosidade ou características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Como periculosidade entende – se risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças ou risco ao meio ambiente, quando

o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada. As demais características são definidas através de ensaios, especificados na própria NBR 10.004.

b) Resíduos Classe II – Não Perigosos

Classe II A Não inertes: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de resíduos classe II. Os resíduos **Classe II A** podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água

Classe II B Inertes: definidos como inertes, são aqueles que mantêm suas concentrações abaixo dos limites especificados no “padrão de portabilidade das águas”, quando submetidos a testes de solubilização e lixiviação, excetuando os padrões de turbidez, cor e sabor.

Assim, com base nos resíduos que serão encaminhados a CGR Oásis e na Norma Técnica ABNT NBR 10.004, os projetos desenvolvidos para o Aterro Sanitário considerarão o tratamento de resíduos inertes e não perigosos respectivamente classes II A e II B.

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA GLEBA

4.1. CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA

A área de implantação da CGR Oásis localiza – se na zona rural do município de Piracicaba, totalizando 480.000 m², limitada pela Rodovia Estadual Deputado Laércio Corte – SP 147 e o Rio Piracicaba.

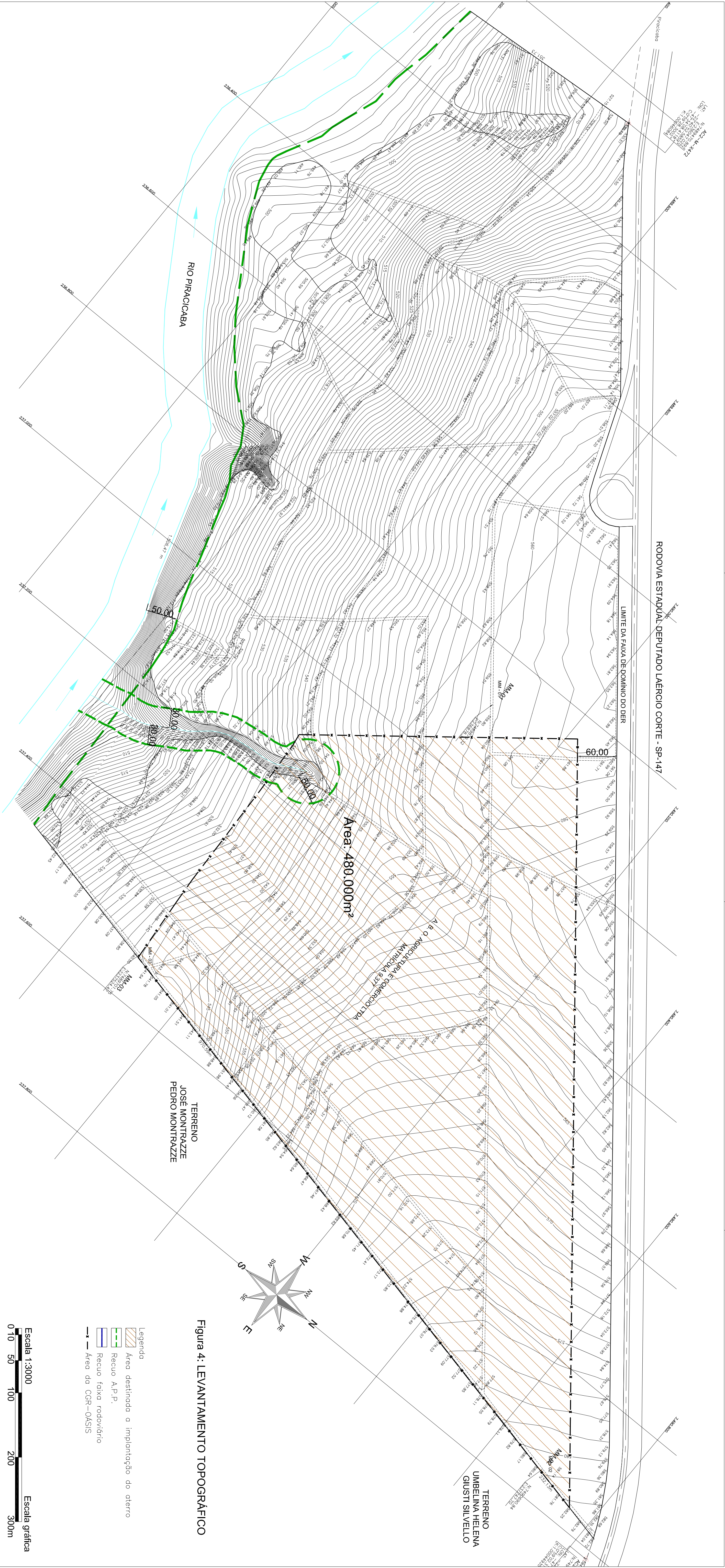
A área objeto do presente estudo foi levantada planialtimetricamente, de maneira detalhada, de modo a permitir a elaboração de um mapa topográfico com curvas de nível a cada metro.

A geomorfologia é predominantemente caracterizada por Depressão Periférica. Uma pequena área a noroeste situa-se na província chamada Cuestas Basálticas.

A drenagem dessa zona tem algum controle estrutural originados pelo caimento geral das camadas para NNE e pelos sistemas de fraturas NE e NW.

A área de implantação do Aterro Sanitário apresenta maiores desníveis, com cota variando entre 580 e 548 metros. Os níveis verificados na área, onde serão construídas as instalações de infra-estrutura da CGR, além da balança, variam entre as cotas 580 e 570 metros.

A figura 04 apresenta o levantamento planialtimétrico da gleba onde será implantada a Central de Gerenciamento de Resíduos – CGR Oásis.



4.1.1. Caracterização do uso e ocupação do solo do entrono

O uso e ocupação do solo na região é estritamente agrícola, sendo a cultura da cana-de-açúcar é, a principal ocupação da área e no entorno do empreendimento. A área insere-se na chamada Macrozona Rural de Piracicaba, conforme define o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Piracicaba, apresentado a seguir, que faz recortes em trechos isolados e específicos conforme citado abaixo, não só em função da espacialização do município, mas também dos mecanismos de ação institucional, como o Conselho da Cidade.

“LEI COMPLEMENTAR Nº 186, DE 10 DE OUTUBRO DE 2006.

Aprova o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de

Piracicaba cria o Conselho da Cidade, revoga a Lei Complementar

Nº 46/95 e suas alterações e dá outras providências.

LEI COMPLEMENTAR Nº 186/06

...

Parágrafo único. A estrutura e a divisão das zonas do Macrozoneamento Urbano foi

elaborada com base em estudos ambientais e de infra-estrutura, constantes do RELATÓRIO I, que fica fazendo parte integrante da presente Lei Complementar.

Art. 32. O território do Município de Piracicaba subdivide-se em Macrozona Rural e

Macrozona Urbana.

§1º A Macrozona Urbana, perímetro urbano do distrito-sede, tem sua delimitação

descrita conforme memorial que segue anexo à presente Lei, incluindo-se neste o perímetro urbano do Distrito de Santa Terezinha.

§ 2º A Macrozona Rural é composta pelos distritos Sede, Santa Terezinha, Guamium,

Ártemis, Tupi e Ibitiruna, excluídas as áreas urbanas dos mesmos.

...

Subseção I

Do Conselho da Cidade

Art. 179. Fica criado o Conselho da Cidade, órgão consultivo e deliberativo em

matéria de natureza urbanística e de política urbana, composto por representantes do Poder Público e da sociedade civil.

Parágrafo único. O Conselho da Cidade será vinculado ao Instituto de Pesquisas e

Planejamento de Piracicaba – IPPLAP, o qual deverá disponibilizar os recursos administrativos

necessários ao seu funcionamento.

Art. 180. O Conselho da Cidade será composto por 32 (trinta e dois) membros e seus

respectivos suplentes, de acordo com os seguintes critérios:

I - 16 (dezesseis) representantes do Governo Municipal, das áreas relacionadas à

Política Urbana, incluindo representantes do Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba, Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social, Secretaria Municipal da Indústria e do Comércio, Secretaria Municipal de Obras, Secretaria Municipal de Trânsito e Transportes, Procuradoria Geral do Município, Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, Secretaria Municipal de Finanças, Secretaria Municipal da Ação Cultural, Empresa Municipal de Desenvolvimento Habitacional de Piracicaba, SEMAE - Serviço Municipal de Água e Esgoto.

II - 16 (dezesseis) representantes da sociedade civil, assim distribuídos:

a) 03 (três) representantes dos empresários, sendo, necessariamente, 01 (um) do setor

imobiliário, 01 (um) do setor sucroalcooleiro e 01 (um) dos demais setores econômicos;

b) *04 (quatro) representantes dos movimentos sociais, sendo necessariamente, 01*

(um) dos movimentos de habitação, 01 (um) do sindicato de trabalhadores urbanos, 01 (um) de

sindicato ou cooperativa de trabalhadores rurais e 01 (um) representante do Conselho Coordenador das Entidades Cíveis de Piracicaba;

c) *03 (três) representantes de organizações não governamentais, entidades técnicas ou profissionais e instituições de ensino ou pesquisa;*

d) *06 (seis) representantes das diferentes unidades de planejamento territorial,*

incluindo as regiões norte, sul, leste, oeste, centro e a Macrozona Rural.

Parágrafo único. *As deliberações do Conselho ora criado serão feitas por 2/3 (dois terços) dos presentes.*

Art. 181. *Compete ao Conselho da Cidade:*

I - *acompanhar a implementação do Plano Diretor, analisando e deliberando sobre questões relativas à sua aplicação;*

II - *emitir pareceres sobre proposta de alteração da Lei do Plano Diretor;*

III - *acompanhar a execução de planos e projetos de interesse do desenvolvimento urbano, inclusive os planos setoriais;*

IV - *deliberar sobre projetos de lei de interesse da política urbana, antes de seu encaminhamento à Câmara Municipal;*

V - *monitorar a concessão de outorga onerosa do direito de construir e a aplicação da transferência do direito de construir;*

VI - *acompanhar a implementação das Operações Urbanas Consorciadas;*

- VII - acompanhar a implementação dos demais instrumentos urbanísticos;*
- VIII - zelar pela integração das políticas setoriais;*
- IX - avaliar sobre as omissões e contradições da legislação urbanística municipal;*
- X - avaliar as políticas urbanas nacional e estadual;*
- XI - convocar, organizar e coordenar as assembleias territoriais;*
- XII - convocar, organizar e coordenar as Conferências Municipais da Cidade, a serem realizadas em caráter extraordinário;*
- XIII - convocar audiências públicas;*
- XIV - elaborar e aprovar o regimento interno.”*

Alguns detalhamentos da espacialização do município são reforçadas pela Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Piracicaba, com alguns recortes pertinentes apresentados a seguir.

“LEI COMPLEMENTAR N.º 208, DE 04 DE SETEMBRO DE 2007.

Dispõe sobre Uso e Ocupação do Solo do Município de Piracicaba.

...

4º O território do Município de Piracicaba subdivide-se em Macrozona

Rural e Macrozona Urbana.

....

Art. 5º Nos termos do Plano Diretor de Desenvolvimento, as Zonas Especiais

compreendem áreas do território que exigem tratamento especial na definição de parâmetros

reguladores de usos e ocupação do solo, sobrepondo-se ao zoneamento original, classificando-se em:

I – Zonas Especiais com Delimitação de Perímetro Específico:

- a) Zona Especial de Interesse da Paisagem Construída (ZEIPC);*
- b) Zona Especial Industrial (ZEI);*
- c) Zona Especial Institucional (ZEIT);*
- d) Zona Especial Aeroportuária (ZEA).*

II – Zonas Especiais sem Delimitação de Perímetro Específico:

- a) Zona Especial de Interesse Social (ZEIS);*
- b) Zona Especial de Interesse Ambiental (ZEIA);*
- c) Zona Especial de Interesse Histórico, Cultural e Arquitetônico (ZEIHCA);*
- d) Zona Especial de Urbanização Específica (ZEUE).*

....

Seção II

Da Macrozona Rural

Art. 10. A Macrozona Rural é composta pelo Distrito-sede, pelos Distritos de

Santa Terezinha, Guamium, Ártemis, Tupi e Ibitiruna, excetuando-se o perímetro urbano desses

distritos.

Art. 11. São permitidos os seguintes usos na Macrozona Rural:

I - agro-silvo-pastoril;

II - industrial;

III - comercial e de serviços, para atender as necessidades da população local.

...

Art. 13. *Os empreendimentos a serem implantados na Macrozona Rural, que*

possam causar impactos, deverão ser submetidos aos órgãos licenciadores federais, estaduais e

municipais.

...

Subseção III

Dos Empreendimentos e Atividades de Impacto

Art. 24. *Os empreendimentos e atividades de impacto, independentemente de sua*

categoria de uso ou nível de incomodidade, serão objeto de prévio Estudo de Impacto de Vizinhança - EIV.

Art. 25. *São considerados empreendimentos de impacto:*

I - projetos de parcelamento do solo que resultem mais de 200 (duzentos) lotes;

II - edificação ou equipamento com capacidade para reunir mais de 150 (cento e cinquenta) pessoas simultaneamente;

III – empreendimentos ou projetos que alterem as características a serem preservadas nos patrimônios cultural, artístico, histórico, paisagístico e arqueológico;

IV – empreendimentos ou projetos que causem modificações estruturais no

sistema viário, não atendendo as diretrizes previstas no Plano Diretor de Mobilidade;

V – os seguintes equipamentos urbanos:

a) aterros sanitários;

b) estações de tratamento de água e esgoto.”

Diante do exposto, a gleba onde será implantada a Central de Gerenciamento de Resíduos - CGR Oásis, segue a Lei Complementar nº 208, de 04 de setembro 2007 de Uso e Ocupação do Solo e o Plano Diretor de Piracicaba através da lei nº 186, de 10 de outubro de 2006, onde pode se concluir, que não há restrições de uso do solo, para o uso específico de implantação de uma unidade de tratamento de resíduos no local.

5. ELEMENTOS DO PROJETO

5.1. DEFINIÇÃO DA CONFORMAÇÃO GEOMÉTRICA DO ATERRO

A área do empreendimento proposto ocupa uma área total de aproximadamente 480.000m² (projeção plana). A poligonal da área necessária para implantação do aterro sanitário pode ser visualizada na Planta 05 (Base Topográfica) apresentada no Anexo II.

A área que compreenderá o aterro de resíduos Classe II será de 245.440 m², com tipologia construtiva de aterro celular. A cota inferior mínima corresponde a 548m e a cota superior máxima é de 578 m, conforme demonstra a figura do “Lay – out” (Figura 5) abaixo e apresentado na Planta 10, e apresentado no Anexo II.

Sua concepção básica será composta por 8 células, a serem construídas no sentido sul-norte, com capacidade volumétrica total de aproximadamente 3.766.700 m³ de resíduos. As Figuras 07 e 08, de escavações totais e as de diferentes etapas, respectivamente, indica uma capacidade volumétrica de 932.500m³.

Com capacidade estimada em 3.766.700 m³ de resíduos compactado, o aterro deverá ter uma vida útil de 20 anos.

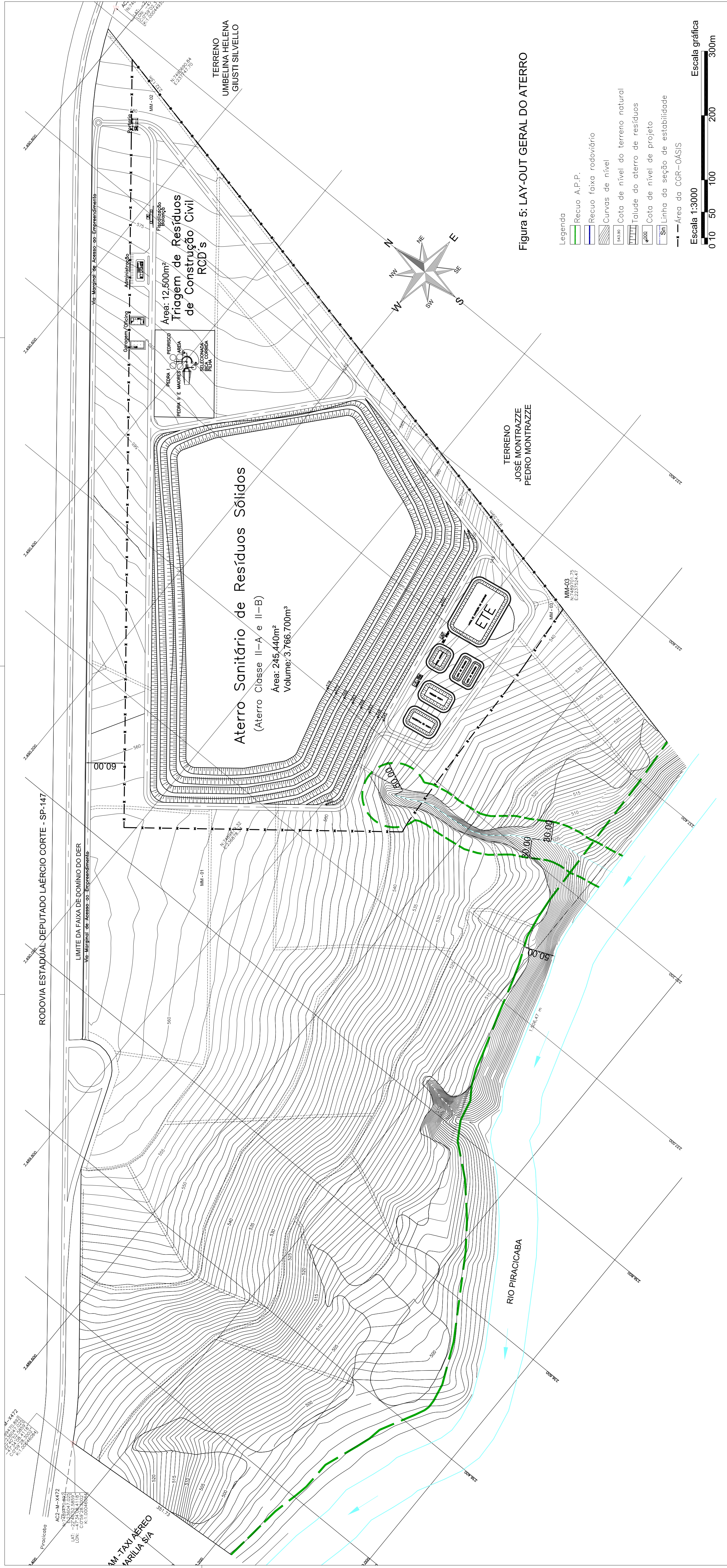


Figura 5: LAY-OUT GERAL DO ATERRO

Legenda

Recuo A.P.P.

Reco	faixa	rodoviário

Curvas de nível

543.90 Cota de nível do terreno natural

Talude do aterro de resíduos

Cota de nível de projeto

Sn Linha da seção de estabilidade

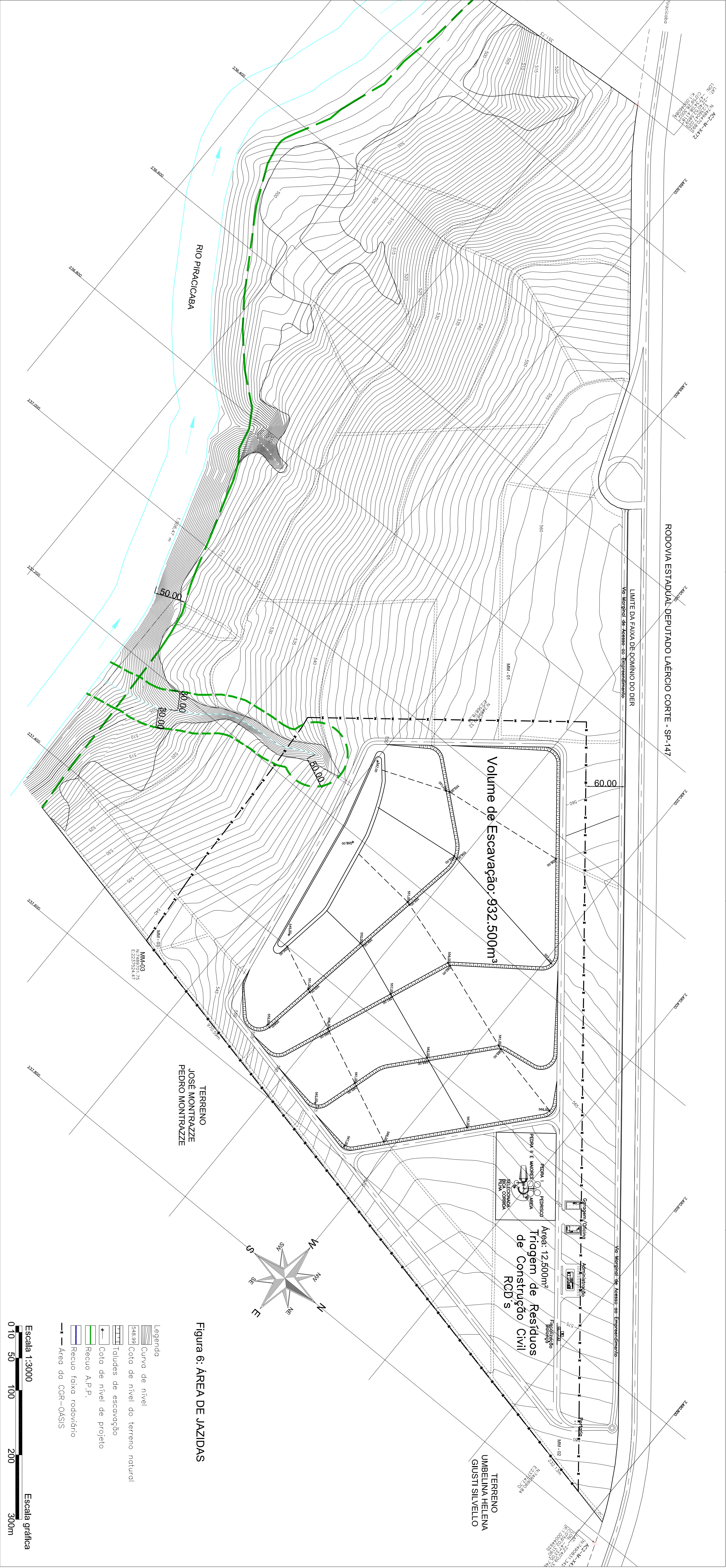
—*— Área da CGR-OÁSIS

Scala 1:3000

A estimativa de vida útil do empreendimento é apresentada na tabela 02 abaixo:

Vida útil	Ano	População	RSU'S CLASSES II A e B (Acumulado)			
			Domiciliar	Industrial	Total	RSU Acumulado (m3)
			RSU Gerado (ton)	RSU Gerado (ton)	RSU Gerado (ton)	
1	2.009	368.489	89.441,59	36.500,00	125.941,59	139.935,10
2	2.010	373.503	180.100,14	73.000,00	253.100,14	281.222,38
3	2.011	378.517	271.975,65	109.500,00	381.475,65	423.861,83
4	2.012	383.531	365.068,13	146.000,00	511.068,13	567.853,47
5	2.013	388.544	459.377,56	182.500,00	641.877,56	713.197,29
6	2.014	393.558	554.903,96	219.000,00	773.903,96	859.893,29
7	2.015	398.572	651.647,32	255.500,00	907.147,32	1.007.941,46
8	2.016	403.586	749.607,64	292.000,00	1.041.607,64	1.157.341,82
9	2.017	408.599	848.784,92	328.500,00	1.177.284,92	1.308.094,36
10	2.018	413.613	949.179,17	365.000,00	1.314.179,17	1.460.199,07
11	2.019	418.627	1.050.790,37	401.500,00	1.452.290,37	1.613.655,97
12	2.020	423.641	1.153.618,54	438.000,00	1.591.618,54	1.768.465,05
13	2.021	428.654	1.257.663,67	474.500,00	1.732.163,67	1.924.626,30
14	2.022	433.668	1.362.925,76	511.000,00	1.873.925,76	2.082.139,74
15	2.023	438.682	1.469.404,82	547.500,00	2.016.904,82	2.241.005,35
16	2.024	443.696	1.577.100,83	584.000,00	2.161.100,83	2.401.223,15
17	2.025	448.709	1.686.013,81	620.500,00	2.306.513,81	2.562.793,12
18	2.026	453.723	1.796.143,75	657.000,00	2.453.143,75	2.725.715,28
19	2.027	458.737	1.907.490,65	693.500,00	2.600.990,65	2.889.989,61
20	2.028	463.751	2.020.054,51	730.000,00	2.750.054,51	3.055.616,13

Tabela 2: Estimativa de vida útil do empreendimento. Fonte: Fral/2009.



5.2. FUNDAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO CAPACIDADE DE SUPORTE DO ATERRO

Tanto para o caso de instalação de novas áreas de disposição de resíduos sólidos, como no caso de alteamento, a avaliação das condições da fundação é uma etapa importante no dimensionamento das obras.

Anteriormente à execução de aterros sanitários em novas áreas de disposição de resíduos sólidos devem ser feitas algumas avaliações quanto à adequabilidade e segurança das fundações. Estão em jogo, além dos aspectos ambientais, os fatores que condicionam a estabilidade do maciço terroso que serve de fundação.

Na área da Central de Gerenciamento de Resíduos - CGR Oásis foi realizado uma ampla campanha de investigação geológico – geotécnica, contemplando a execução de sondagens a percussão, sondagens a trado, ensaios geofísicos e ensaios de laboratórios demonstrados no Anexo III e discutido a seguir:

5.2.1. Sondagens de Simples Reconhecimento

Foram executadas 35 sondagens de simples reconhecimento, destacam-se as sondagens à percussão com medida do N do SPT (número de golpes/30 cm) (SP1 a SP20), e as sondagens a trado (ST) (ST 1 a ST15), realizadas para coleta de amostras de solos para ensaios de laboratório. Os ensaios de infiltração foram realizados durante as sondagens SP4, SP10 e SP12, cujos resultados para o coeficiente de permeabilidade (k) in situ estão resumidos na Tabela 03.

Sondagem	Profundidade (m)	k (cm/s)
SP4	0 - 1,5	$8,26 \times 10^{-5}$
	14 - 15	$2,88 \times 10^{-5}$
SP10	0 - 1,5	$2,87 \times 10^{-5}$
	14 - 15	$9,90 \times 10^{-6}$
SP12	0 - 1,5	$2,15 \times 10^{-4}$
	11 - 12	$3,45 \times 10^{-6}$

Tabela 3: Estimativa da permeabilidade in situ a partir de ensaios de infiltração (EPT, 2008a).

Os perfis de sondagem foram analisados de modo a obter os perfis geológico-geotécnicos da área. Foram estudadas 7 seções, locadas conforme apresentado nas Plantas 03 a 06, anexo II. As seções geológico-geotécnicas obtidas estão definidas na Planta 2. Analisando-se estas seções, observa-se que existe uma primeira camada de argila porosa, residual de diabásio de consistência mole (nos primeiros 2m, refletindo a ação agrícola da área, a média (entre 2 a 5m) com valores de SPT variando de 3 a 10 metros de profundidade, cuja espessura varia de 5 m, rija ($10 < \text{SPT} < 35$) nas profundidades maiores onde se verifica a presença de solo residual, a oeste e nas cotas mais baixas, a 10 m, a norte e nas cotas mais altas da área. Conforme se caminha de sudoeste para norte, nordeste, também observa-se a presença de pedregulhos, indicando a presença de solos residuais menos maduros e a proximidade do solo de alteração de rocha (S.A.R.), ou mesmo da própria rocha (Seções 1 e 2). Em média, a posição do nível d'água está localizada a 13 m de profundidade na região onde será implementado o aterro (Seções 1, 2 e 3). Conforme se caminha de norte para sul, a espessura do solo residual maduro (argila porosa marrom arroxeadada) tende a diminuir, assim com a presença de pedregulhos tende a desaparecer, dando espaço a solos sedimentares e aluviões na região de drenagem localizada ao sul do aterro (Seções 4, 5, 6 e 7 e SPs 8, 9 e 10). Verifica-se portanto a fonte dos dados técnicos das investigações de sub-solo executados que não há

condicionantes geomecânicos para implantação do Aterro sobre o terreno de fundação nas cotas prescritas (escavação média de aproximadamente 4m), onde o terreno apresenta uma capacidade de suporte suficiente e favorável para o apoio da estrutura do aterro.

5.2.2. Investigações Geofísicas

Com o objetivo de se obter uma caracterização indireta do subsolo da área onde será implementado o aterro, e sobretudo indicações quanto a condutividade hidráulica dos substratos com vistas a bem definir o detalhamento de impermeabilização de base, e de drenagem do aterro sanitário, foram realizados também ensaios geofísicos, aplicando-se o método da eletrorresistividade (GEO AMBIENTAL, 2008). Foram efetuados três perfis de caminhamento elétrico (CE) e seis sondagens elétricas verticais (SEV) dentro da área proposta (Planta 07 – Anexo II), de locação dos ensaios geofísicos), sendo que as SEVs foram locadas em pontos de execução de sondagens a trado ou ensaios SPT, de forma que se pudesse comparar os resultados geofísicos (indiretos) com a análise dos perfis obtidos através das sondagens (diretas).

As Figuras 08 e 09 apresentam os resultados da SEV 5 e do SP3, respectivamente, realizadas lado a lado. A comparação entre esses dois resultados revelam que a camada de solo superficial, ou argila porosa, tende a apresentar valores de resistividade variando entre 300 e 600 ohm.m. A presença da zona saturada, abaixo de 10 m nos perfis indicados, tende a apresentar valores de resistividade abaixo de 20 ohm.m.

Nas Plantas 08 e 09, no anexo II, apresentam-se as seções de resistividade interpretadas a partir dos resultados de caminhamentos elétricos. Uma análise desses perfis confrontados com os perfis geológico-geotécnicos e com a topografia indica a diminuição dos valores de resistividade com a profundidade, indicando a presença da zona saturada de acordo com os níveis d'água definidos através das sondagens de simples

reconhecimento. Valores acima de 300 ohm.m indicam a presença da zona capilar, assim como a presença de solos residuais maduros não saturados. Os valores de resistividade em superfície tendem a serem maiores também nas cotas mais elevadas, onde existe a presença de pedregulhos, muito resistivos (ou pouco condutivos).

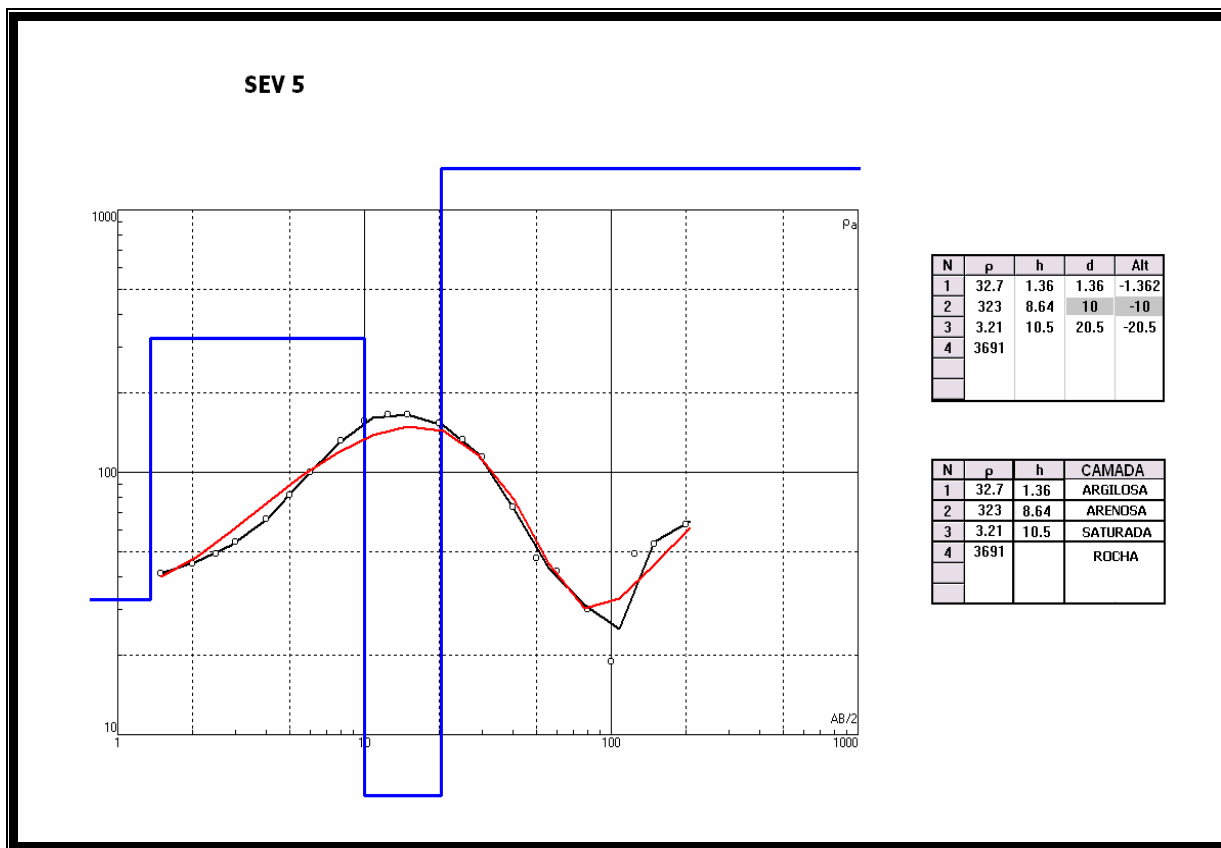


Figura 8: Resultado da modelagem da SEV 5 executada na área (Geo Ambiental SS, 2008).

5.2.1. *Investigações Geotécnicas*

Para avaliação das características geotécnicas dos solos encontrados na área onde será implementado o aterro, amostras foram coletadas entre 0 e 4,5 m de profundidade, a partir das sondagens a trado (ST), identificadas na Planta 02 – Anexo II, de locação das sondagens.

Com as amostras homogeneizadas e devidamente preparadas, foram realizados os seguintes ensaios geotécnicos de laboratório, cujos resultados são resumidos na Tabela 4:

- Determinação do teor de umidade natural (NBR 6457/86);
- Determinação do limite de liquidez (NBR 6459/84);
- Determinação do limite de plasticidade (NBR 7180/84);
- Análise granulométrica conjunta (NBR 7181/84);
- Determinação da densidade dos grãos (NBR 6508/84);
- Ensaio de compactação com energia normal (NBR 7182/86);
- Ensaio de permeabilidade com acréscimo de bentonita (NBR 14545/00);
- Ensaio de adensamento (NBR 12007/90);
- Ensaio de cisalhamento direto (Lambe, 1951).

A Tabela 05 apresenta os resultados dos ensaios de compactação e de permeabilidade para as amostras 2 e 8 misturadas com bentonita. Observa-se que o valor do coeficiente de permeabilidade varia pouco com o aumento da quantidade de bentonita. Contudo a diminuição do coeficiente de permeabilidade foi significativa quando comparado com as permeabilidades do solo em estado natural, ou

indeformado (Tabela 03), diminuindo de cerca de 10^{-5} cm/s para 10^{-8} cm/s. Deste modo, a diminuição de k com o acréscimo de 4 % de bentonita já sua considerada suficiente para corresponder às especificações como material de impermeabilização do aterro (liner). Ou seja, $k = 10^{-8}$ cm/s $< 10^{-7}$ cm/s.

Am.	ST	Granulometria conjunta (%)				Limites de consistência(%)			ρ_s (g/cm ³)	Compactação		Adensamento			Cisalhamento Direto	
		Classificação NBR 6502/95				LL	LP	IP		ρ_d (g/cm ³)	W_{ot} (%)	C_c	C_R	c_v (cm ² /s)	c' (kPa)	ϕ'
1	1/3	12	34	54	Argila Siltosa marrom avermelhada	47	29	18	2,914	1,58	24,0	ND	ND	ND	ND	ND
2	2/7	33	25	42	Argila areno-siltosa variegada	45	30	15	2,876	1,66	22,3	ND	ND	ND	ND	ND
3	4	13	28	59	Argila Siltosa variegada	56	37	19	2,890	1,49	28,6	0,067	0,003	0,021	50	30,8
4	5	31	25	44	Argila areno-siltosa marrom amarelada	49	32	17	2,858	1,68	22,2	0,050	0,002	0,022	65	30,3
5	6/11/12	18	27	55	Argila Siltosa variegada	51	29	22	2,806	1,59	24,2	ND	ND	ND	ND	ND
6	8/10	10	59	31	Silte argiloso variegado	53	31	22	2,767	1,51	22,8	0,086	0,003	0,021	50	32,4
7	9	10	48	42	Silte argiloso marrom amarelado	50	31	19	2,716	1,58	23,2	ND	ND	ND	ND	ND
8	13/14/15	16	22	62	Argila Siltosa marrom avermelhada	46	30	16	2,929	1,61	24,4	0,226	0,007	0,021	70	26,3

Tabela 4: Resumo das carterísticas geotécnicas dos solos superficiais locais apartir de ensaios laboratoriais em amostras de solo utilizados do local. (EPT, 2008b).

Amostra	% Bentonita (em peso)	Compactação		k (cm/s)
		ρ_d (g/cm ³)	w _{ot} (%)	
2	4	1,62	23,1	3,4x10 ⁻⁸
	6	1,60	23,4	1,8x10 ⁻⁸
	8	1,61	23,7	1,7x10 ⁻⁸
8	4	1,62	24,6	1,4x10 ⁻⁸
	6	1,60	24,2	1,3x10 ⁻⁸
	8	1,60	25,5	1,1x10 ⁻⁸

Tabela 5: Resultados dos ensaios de compactação e permeabilidade das amostras misturadas com bentonita (EPT, 2008b).

5.2.2. Análises Químicas

A fim de obter valores de referência da área antes da implantação do empreendimento, foram realizadas análises químicas do solo e das águas superficiais existentes na área, assim como das águas subterrâneas (Operator Meio Ambiente, 2008 - anexo III). As amostras de solo foram coletadas de 0 a 0,8 m de profundidade, a partir das sondagens à trado ST03, ST08, ST09 e ST11. As amostras de águas superficiais foram coletadas de uma nascente localizada ao sul do empreendimento, assim como das águas de montante e jusante do Rio Piracicaba (Ver pontos de coleta assinalados e apresentados na Planta 02, de locação das sondagens. Com relação às águas subterrâneas, foram instalados 4 poços de monitoramento, conforme as características apresentadas na Tabela 06 e na Figura 10. Para análise química, foram coletadas as águas dos poços PM01 e PJ01.

Os resultados das análises mostram que tanto as amostras de solo como de águas subterrâneas apresentam concentrações de Al, Fe, Zn e Mn, às vezes em elevadas concentrações, devido às características mineralógicas dos solos lateríticos que ocorrem na área. Alguma quantidade de Ba, B, Co, Cu, Cr, Pb, Ni, NO₃, V aparecem nos solos superficiais, porém com abaixo dos valores de prevenção da CETESB

(2001;2005). No entanto, estes serão escavados para implantação do aterro e reaproveitados nas camadas de cobertura das células internas do aterro, sempre acima do sistema de impermeabilização.

Poço	Posição	Profundidade (m)	Nível d'água (m) – Ago/2008
PM M01	Montante (SP09)	12,45	10,50
PM M02	Montante (SP21)	16,00	15,20
PM J01	Jusante (SP20)	6,45	4,06
PM J03	Jusante (SP18)	11,00	8,50

Tabela 6: Características dos poços de monitoramento construídos na área (EPT, 2008a).

Os resultados obtidos para as análises de águas superficiais mostram que essas águas estão limpas, havendo uma pequena piora na qualidade de parâmetros como DBO, DQO, condutividade elétrica e coliformes totais e fecais conforme se caminha de montante para jusante, consequência de ações difusas (lançamento locais de esgotos ou efluentes de atividades agrícolas) que ocorrem de forma dissiminada e com baixo nível de controle em toda esta área rural da bacia.

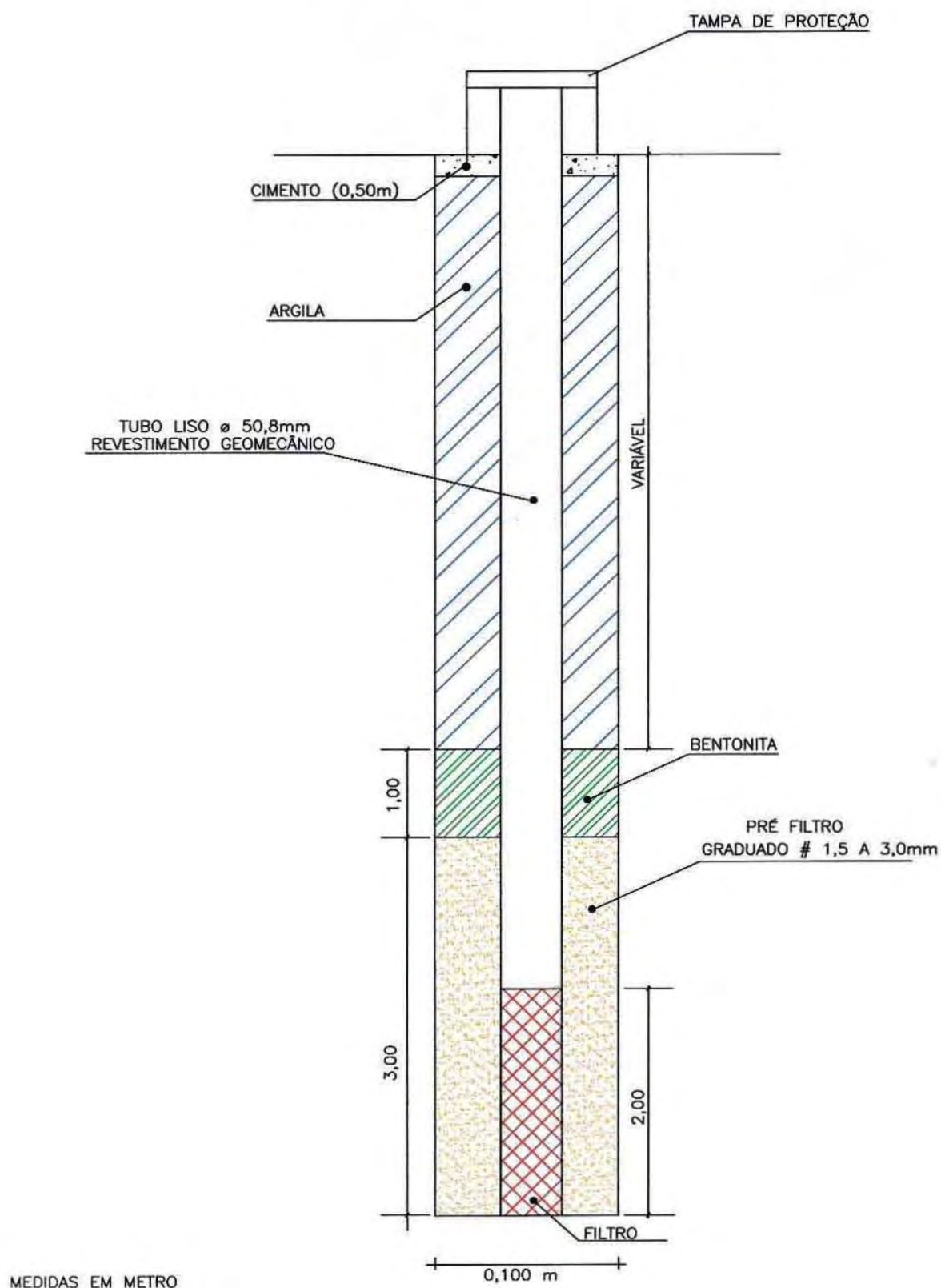


Figura 10: Características geométricas dos poços de monitoramento (EPT, 2008a).

5.3. *FORMAÇÃO DAS CAMADAS DE CÉLULAS*

O aterro será formado, desde a sua base até a plataforma de topo, em camadas de resíduos sólidos com cerca de 5 m de altura. Como a área a ser ocupada com o aterro sanitário é muito extensa, o mesmo será construído por fases, ao longo do tempo.

As camadas de células serão constituídas de lixo compactado e coberto com uma camada de solo argiloso com cerca de 20 a 30 cm de espessura, nas células intermediárias, e 60 cm de espessura de solo compactado na cobertura final.

O lixo será descarregado dos caminhões no nível dos taludes da camada de células e, posteriormente, espalhado e compactado de maneira ascendente, formando uma rampa com ângulo médio de 20° (1V:3H), em camadas de 0,40 a 0,60m de espessura. O topo da camada por questão de drenagem superficial, deverá mostrar declividade da ordem de 0,5 a 1,0%.

A compactação do aterro é necessária para reduzir o seu volume, possibilitar o tráfego de equipamentos e, também, para reduzir os recalques do maciço.

A operação do aterro seguirá, em geral, a seguinte seqüência:

1. O caminhão de coleta descarrega os resíduos defronte ao nível de base do talude da camada de célula em construção;
2. Os resíduos são empurrados por um trator sobre esteiras equipado com lamina, contra a camada em formação, com uma rampa de ordem de 1V:3H;
3. Os resíduos são espalhados sobre a rampa, de baixo para cima, e compactado com a 3 a 5 passadas do próprio trator;
4. A o longo da jornada de trabalho os resíduos serão recobertos com um pacote de 0,20 a 0,30 m de espessura, de solo argiloso, também compactado com trator no ato de espalhar, configurando uma célula;
5. Concomitante ao espalhamento dos resíduos serão instalados os drenos de gás e chorume integrantes da própria célula.

O aterro será formado em camadas de células, compondo as fases de operação ao longo do tempo.

5.4. DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE GEOTÉCNICA

Em decorrência da crescente geração de resíduos nos principais núcleos urbanos, os respectivos aterros vêm atingindo alturas crescentes, visando otimizar o plano de ocupação da área e obter maior capacidade e vida útil para o empreendimento, associados, à crescente responsabilidade tanto do ponto de vista de estabilidade geotécnica quanto ambiental.

Nessa condição, tem sido despendidos esforços na busca da melhor avaliação das características e parâmetros geotécnicos, principalmente considerando as peculiares condições dos resíduos sólidos domiciliares gerados no Brasil, predominantemente orgânicos.

Essa reavaliação de critérios geotécnicos intensificou-se, principalmente, na década passada, quando houve ocorrência de eventos de instabilidade, implicando no estudo e aprimoramento dos critérios de projeto e operacionais, incluindo os sistemas de drenagem interna dos maciços.

Vários estudos sobre o assunto, reportando-se a ensaios de laboratório, de campo ou retroanálises, tem apresentado uma gama de parâmetros de resistência, associados a parâmetros intrínsecos, como ângulo de atrito interno (ϕ) e coesão (c).

Cabe observar que grande parte dos dados bibliográficos disponíveis reporta-se a aterros de diversas localidades, devendo – se, desta maneira, considerar claramente a influência das diferentes composições de lixo, como por exemplo, a elevada taxa de matéria orgânica dos resíduos brasileiros (de 50% a 60%) contra a de resíduos europeus ou norte americanos (de 10% a 20%, aproximadamente).

Além disso, deve-se destacar o elevado teor de umidade dos resíduos e a influência dos altos índices pluviométricos.

Até o início da década passada os parâmetros de resistência e os sistemas de drenagem interna de efluentes foram considerados, predominantemente, a partir de dados de aterros europeus ou norte – americano, não compatível com as características diferenciadas dos resíduos e do clima incidente no Brasil.

Na busca desses parâmetros algumas das informações determinantes foram as retroanálises de eventos críticos ocorridos, eventos estes que têm como causa potencial a ocorrência seqüencial de chuvas de longa duração e críticas, de elevada intensidade.

Até então, os projetos e diretrizes de execução de aterros sanitários preconizados e recomendados pelos órgãos competentes eram conduzidos principalmente em função das condicionantes sanitárias.

A saturação das células superficiais em função de chuvas e a grande susceptibilidade dos maciços à infiltração ocasionaram os elevados recalques diferenciais nos maciços com predominância de matérias orgânicas e o conseqüente fissuramento dos recobrimentos superficiais em solo, resultando num deslocamento típico que ocorre através de um processo de “liquefação” de camada superficial, com um movimento de “corrida de massa”.

5.5. ESTUDO DE ESTABILIDADE

O estudo de estabilidade dos taludes é feito a partir da avaliação do Fator de Segurança, que visa caracterizar o risco de ruptura instantânea através do conceito de equilíbrio limite, quando as tensões atuantes se igualam à resistência do solo. Esta avaliação é de suma importância para avaliar a estabilidade de aterros sanitários, de modo a impedir a ruptura dos mesmos.

O fator de segurança (FS) é o valor numérico da relação estabelecida entre a resistência ao cisalhamento do solo e a resistência ao cisalhamento mobilizado para garantir o equilíbrio do corpo deslizante, sob o efeito dos esforços atuantes.

Para o estudo de estabilidade foi utilizado um software específico, baseado no método de Bishop simplificado.

Quanto aos parâmetros de resistência ao cisalhamento adotados para os diferentes materiais, estes se encontram na Tabela 07, a seguir.

Material	c' (kPa)	ϕ "	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
Resíduos	15	26	9	10
Solo de Fundação *	50	30	19	19

* Valores baseados nos ensaios realizados pela EPT (2008).

Tabela 7: Parâmetros de resistência adotados para os estudos de estabilidade.

Visando a obtenção do fator de segurança crítico para a conformação geométrica final do aterro (Planta de "Lay-out" final), foram analisadas três seções principais de estabilidade, conforme apresentadas em anexo. Os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 11,12 e 13. Os fatores de segurança obtidos, da ordem de 1,6, são considerados satisfatórios, uma vez que estão acima de 1,5, valor considerado satisfatório para estabilidade, mesmo para as hipóteses de elevados níveis piezométricos considerados neste estudo.

Seção	FS
1	1,59
2	1,58
3	1,59

Tabela 8: Fatores de segurança para as seções de estabilidade estudadas.

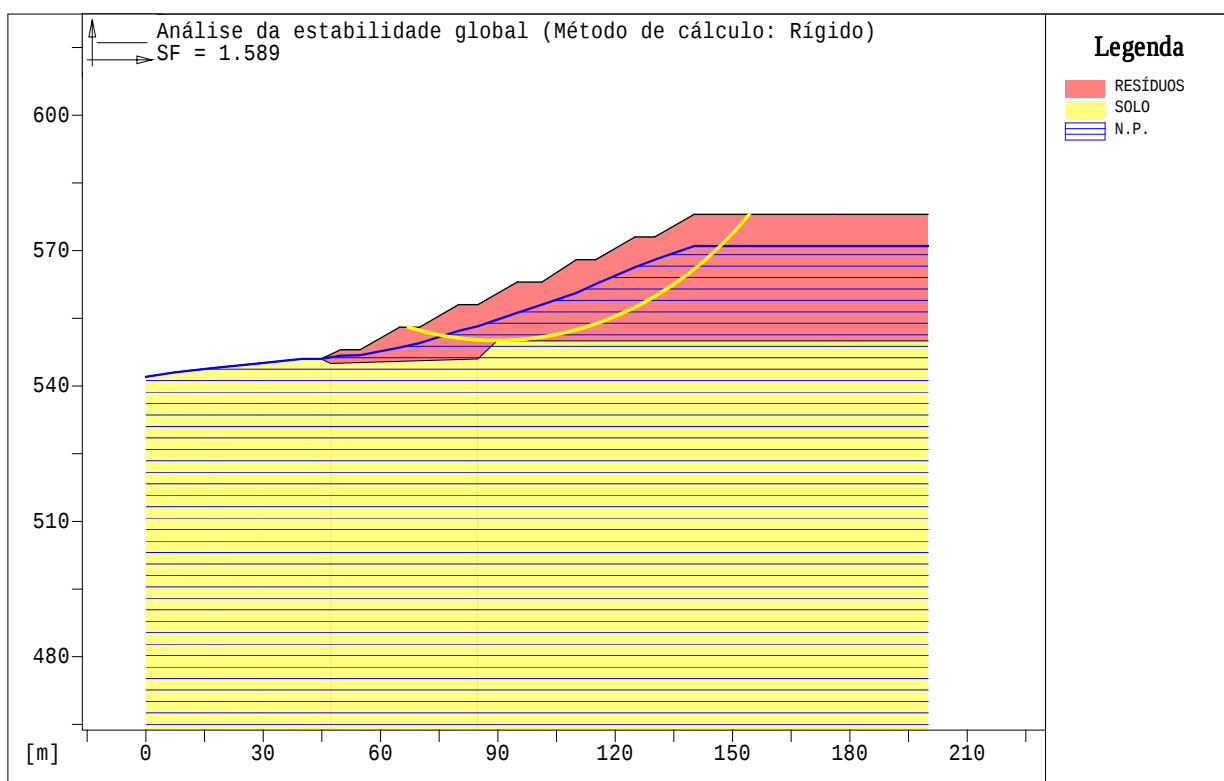


Figura 11: Análise de estabilidade para Seção 1.

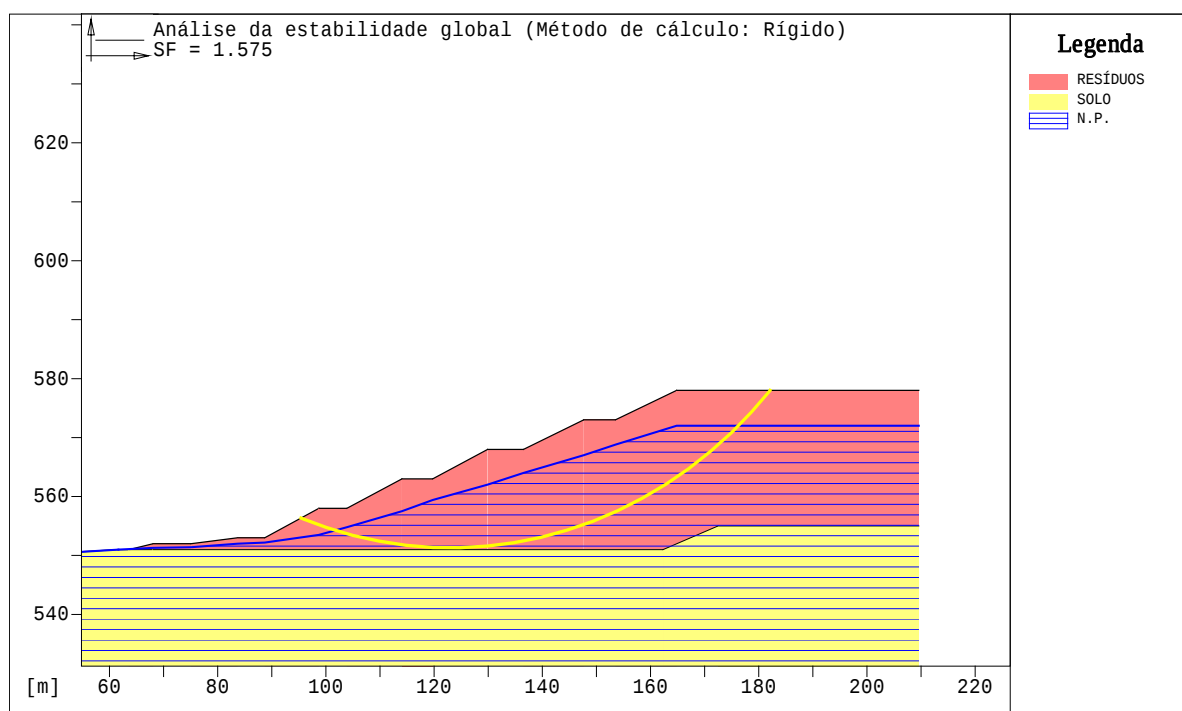


Figura 12: Análise de estabilidade para Seção 2.

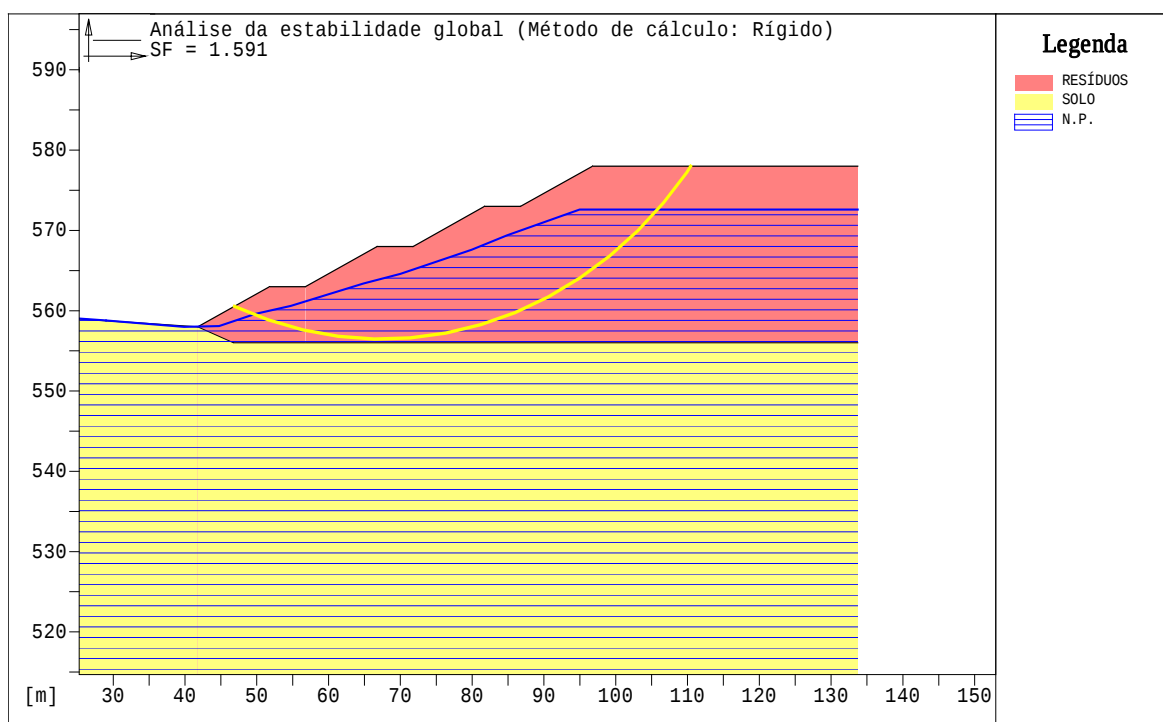


Figura 13: Análise de estabilidade para Seção 3.

5.6. AVALIAÇÃO DE RECALQUES

Como todo o aterro estará apoiado sobre o mesmo tipo de solo de fundação, a camada de argila arenosa de solo residual duro a rija com altíssima capacidade de suporte denominado rija, e baixíssima compressibilidade, conforme demonstrado pelas investigações geotécnicas realizadas, não haverá recalques significativos na fundação do aterro, inferiores a 5 cm.

A gleba onde se propõe implantar o aterro sanitário apresenta uma área total de 480.000 m², dos quais 245.440 m² ou cerca de 52% do total, serão ocupados pelo aterro sanitário.

O volume total do projeto geométrico da CGR Oásis é avaliado em aproximadamente 3.055.000 mil metros cúbicos.

Os recalques sobre cada célula que compõe o aterro apresentam duas parcelas fundamentais: a primeira, consequência da compressão progressiva das varias células que irão se desenvolvendo sobre a mesma e a segunda, decorrente da mudança estrutural intrínseca do lixo em função do desenvolvimento do processo de degradação biológica, associada a inúmeras reações físico-química, além da conversão progressiva das frações orgânicas em efluentes líquidos e gasosos, que serão devidamente captados drenados e tratados na CGR Oásis. Este fato estima-se que os recalques medioa totais do maciço em cada uma das etapas de elevação do aterro sanitário será de ordem de 2,4m.

6. DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

- a) O aterro projetado conta com os seguintes elementos:
- b) Sistema de Impermeabilização de Base;
- c) Sistema de Drenagem Passiva dos Gases e Percolados;
- d) Sistema de Drenagem Superficial;
- e) Sistema de Tratamento dos Líquidos Percolados;
- f) Cobertura Final do Aterro;
- g) Fechamento e Segurança da Área

6.1. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE

Considerando a necessidade de atender as normas de projeto, construção, operação e armazenamento de resíduos, e em função das características geológicas e geotécnicas locais, foram projetadas camadas de impermeabilização e drenagem constituídas de diferentes elementos, conforme mostra Figura 14, a seguir.

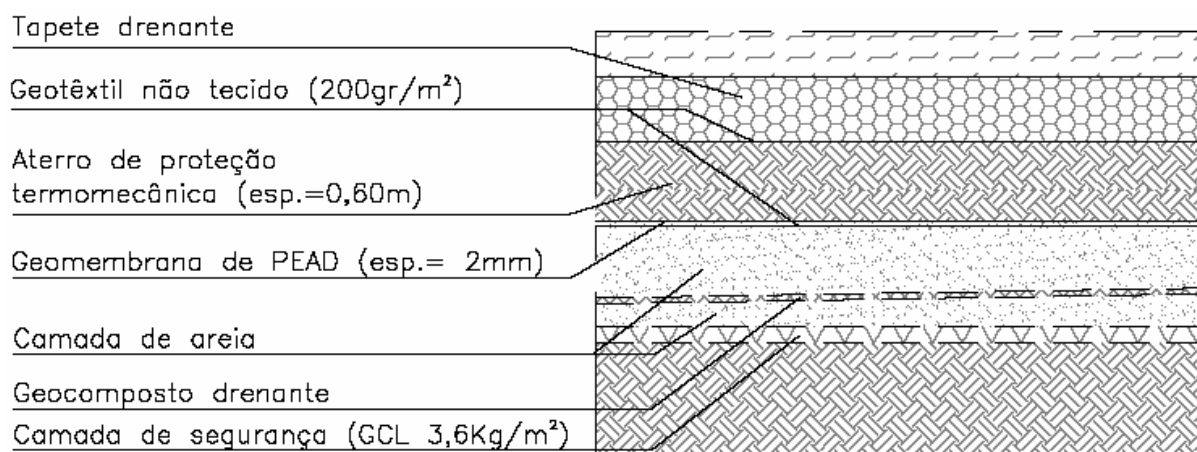


Figura 14: Sistema de impermeabilização de base (liner) para o Aterro Sanitário de Piracicaba-SP.

O sistema proposto contempla a regularização do terreno de modo a garantir declividades adequadas para a implantação do geotêxtil não-tecido, da geomembrana de PEAD, da camada de areia, do geocomposto drenante e da camada de GCL. Essas camadas serão executadas após todos os serviços de limpeza e da compactação do solo.

A manta de PEAD com espessura de 2,00mm será utilizada como mecanismo de impermeabilização, devendo evitar a migração de gases e líquidos para o solo e superfície naturais.

Após a execução de todos os serviços de limpeza e escavação, será executada uma camada de solo compactado em toda a área de implantação do aterro, com espessura de 0,60 m, para a impermeabilização do solo natural de fundação.

A camada de proteção do aterro (GCL) atua como camada de segurança, conecção desempenhando com mais garantia as mesmas funções do aterro de impermeabilização de base. Seu desempenho em relação à migração de percolados conta com a capacidade de “cicatrização”, ou expansão do solo, além dos baixos coeficientes de permeabilidade obtidos quando esse material, que contém bentonita, é saturado ($K < 10^{-10}$ cm/s). O solo local misturado com bentonita poderia ser também utilizado como substituição a esse elemento, no entanto de modo a reduzir riscos quanto à qualidade e a impermeabilização desta devido às limitações práticas-operacionais e também meteorológicas que essa solução exige optou - se pela utilização do GCL.

A Planta 17, apresentada no anexo II, mostra a seção típica do aterro, incluindo os diferentes elementos de impermeabilização e a forma com que eles deverão ficar dispostos no aterro.

6.2. SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E PERCOLADOS

O resíduo confinado em aterros sanitários sofre um processo de decomposição predominantemente anaeróbico. Nesse processo, o carbono combina-se com o

hidrogênio, formando o metano (CH_4), que é inflamável quando misturado com o ar na proporção de 10 a 15%, podendo também provocar a morte por asfixia se invadir, de forma descontrolada e em condições peculiares, instalações próximas ao aterro.

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

Para cada célula do aterro deverão ser instalados drenos horizontais de chorume interligados aos drenos verticais, de condução periférica dos líquidos percolados, formando uma malha de drenagem, previamente ao lançamento de lixo e à medida que o aterro for sendo alteado (Planta 12, Drenagem de gases e percolados). De um modo geral, recomenda-se que a distância entre os drenos verticais seja de 30 a 50 m. Neste projeto, foi utilizado como critério a distância média entre os drenos verticais igual a 40 m.

Esses dispositivos estarão interligados ao sistema de drenagem horizontal, cuja finalidade é captar todo o chorume proveniente desta área de contribuição e conduzi-lo através de drenos, denominados drenos principais, para a lagoa de contenção de chorume (Planta 12 – Anexo II).

6.3. SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

O projeto de drenagem das águas pluviais foi orientado pelos seguintes objetivos principais:

- Evitar danos causados pelas inundações;
- Minimizar os problemas de erosão e sedimentação;
- Evitar acúmulo de água sobre a superfície do aterro sanitário, pois esta água acumulada aumenta a vazão de percolado;

- Evitar o afluxo de água nas áreas em operação;
- Evitar a contaminação das águas provenientes do escoamento superficial direto;
- Proteger a qualidade ambiental;
- Garantir a integridade do sistema de escoamento quanto a caimentos e declividades, compatível com as elevadas deformações e diferenciais do maciço.

Assim sendo, qualquer sistema de drenagem em aterros sanitários contempla a necessidade da implantação de uma drenagem provisória (enquanto as obras se desenvolvem e os taludes e bermas ainda não são definitivos) e uma drenagem permanente, implantada nos locais onde já não se espera nenhuma atividade de deposição.

Quanto aos elementos de drenagem superficial da rede interna do aterro sanitário, estes devem garantir o desempenho funcional sob condições de elevados recalques do maciço de resíduos, que em alguns casos chega a inverter o sentido do escoamento inicialmente idealizado.

As descidas d'água serão feitas em geocélula, as quais foram previstas levando em consideração os locais de maiores espessuras de resíduos, passíveis de sofrerem maiores recalques com distância não superior a 200 m entre descidas, o que comprometeria também o desempenho das canaletas de berma (Planta 13, Sistema de Drenagem Superficial – Anexo II).

As descidas d'água na superfície do aterro devem possuir borda livre elevada, podendo atender concentrações de vazão muito elevadas que são previstas no projeto de ordem de 5 a 10 vezes e pelo fato do escoamento se processar a altas velocidades ($>4\text{m/s}$), portanto, excessivamente turbulento.

Nos locais onde está previsto o tráfego de veículos e equipamentos pesados, o escoamento deverá ser feito através de travessias em tubos de concreto.

Nas bases das descidas d'água , e nos trechos finais das drenagens provisórias estão previstas as instalações de caixas dissipadoras e de acumulo, sedimentação de material arrastado pelo escoamento superficial (terra, eventual resíduos sobrenadante, plásticos, papel) evitando o lançamento no corpo d'água receptor.

6.4. COBERTURA FINAL DO ATERRO

As superfícies finais dos taludes e bermas, a serem seqüencialmente estabelecidas, receberam recobrimento final diferenciado, com camada de solo com espessura mínima de 60 centímetros, sobre a qual se procederá ao plantio da proteção superficial final com grama. Essa espessura poderá se eventualmente revista no caso do plantio de espécies diferenciadas.

A conformação das bermas será executada em conformidade com o previsto no projeto de drenagem superficial, garantindo os caimentos previsto tanto transversal como longitudinalmente.

É importante ressaltar, quando se discute aspectos inerentes à selagem das células, cujo objetivo primordial dessa selagem é garantir a minimização de feições de infiltração pluvial e de fuga de gás de forma difusa, que, além da espessura mínima preconizada, a eficiência dos sistemas de drenagem pluvial, a imposição de geometrias que assegurem as declividades necessárias de escoamento, não só nas bermas como nas plataformas, e a imposição de eficientes sistemas de coleta, drenagem e queima de biogás, são fatores vitais e complementares ao de vedação superficial.

O plantio imediato das superfícies dos taludes e bermas que não venham a constituir acesso operacional ou de manutenção é importante também nesse aspecto, reduzindo as feições de infiltração, além de promover uma proteção contra erosões.

Outro fator a ser considerado é a geometria final do aterro sanitário, onde se contará com uma declividade imposta de no mínimo de 2%, totalmente gramada, e, nas demais áreas, sendo constituído, preponderantemente por taludes.

6.5. TRATAMENTO DOS LÍQUIDOS PERCOLADOS

O sistema de tratamento para o percolado deverá ser avançado e abrangente para garantir que os líquidos descartados atendam as exigências da legislação ambiental vigente.

A Estação de Tratamento a serviço da CGR Oásis deverá tratar o chorume gerado pelo próprio empreendimento (Planta 16 – Anexo II). Para esta situação apresentamos a seguir as considerações técnicas que nortearam a definição dos dados básicos de projeto do Sistema de Tratamento de Chorume.

6.5.1. Características do Percolado

O percolado de aterros sanitários é extremamente variável, dependendo do aterro em si, de sua idade e das características climáticas locais. Os principais poluentes dos percolados são a matéria orgânica, nitrogênio amoniacal e metais pesados. As concentrações de metais pesados, pelo menos nos percolados de aterros mais velhos, muito comumente estão abaixo dos valores considerados inibidores de processos biológicos de tratamento de águas residuárias. Todavia, em alguns casos, as concentrações de metais pesados podem estar em valores que resultem na inibição pelo menos da nitrificação.

O tratamento dos metais pesados previsto nesta unidade da CGR Oásis será através da implantação um sistema de um tratamento físico-químico que garanta a remoção dos mesmos, seguindo as exigências dos órgãos ambientais como é o caso da CETESB.

Como parte inicial constitutiva de qualquer sistema de tratamento de percolados em aterros sanitários, está prevista uma bacia de equalização, que também acaba atuando como uma bacia de pré-sedimentação, resultando em uma remoção prévia de alguns poluentes do percolado (é comum se obter remoção de DBO da ordem de 30%).

6.5.2. Tratamento do Líquido Percolado da CGR OÁSIS de Piracicaba e Proposta para o Sistema

Tendo em vista a necessidade de se ter um efluente com $DBO < 5 \text{ mg/l}$, um tratamento biológico aeróbio pode ser utilizado com segurança. Já o tratamento biológico anaeróbio não se tem mostrado muito adequado ao tratamento de percolados de aterros sanitários com altas concentrações de N-NKT.

A grande problemática no que diz respeito ao tratamento de percolados, com elevada concentração de N-NKT, deve-se à remoção de N. Em sistemas aeróbios de leito fluido, como lagoas aeradas e lodos ativados, a nitrificação, que é bastante dependente da temperatura, quando ocorre, se dá com elevada eficiência, sendo muito difícil o seu controle para uma nitrificação parcial. Assim, descontado o N-NKT incorporado ao crescimento da biomassa, em síntese, grande parte do N afluente a ETE acaba se transformando em formas oxidadas do N, predominando o N nitrato quando o sistema opera adequadamente. Tal situação pode atender aos limites de N amoniacal para o efluente do sistema de tratamento, porém, a concentração de N nitrato poderá ultrapassar significativamente o valor permitido para nitrato no efluente final, requerendo uma desnitrificação no sistema de tratamento.

Assim, será proposto em uma primeira etapa o tratamento para remoção da matéria orgânica biodegradável visando a nitrificação do efluente e numa segunda etapa para se obter também a remoção de N por desnitrificação.

O tratamento dos efluentes será realizado através de uma lagoa aeróbia seguida de decantação, com remoção do lodo de modo a se evitar decomposição anaeróbia do mesmo. Na segunda etapa, o sistema seria transformado em lodos ativados, com a implantação de uma câmara anóxica a montante do tanque aeróbio da primeira etapa, implantando-se nesta fase, o retorno de lodo do decantador para o tanque anóxico, bem como o sistema de dosagem de etanol para se obter a desnitrificação.

Está prevista ainda, na primeira etapa, a dosagem de alcalinizante para atender a demanda de alcalinidade necessária para a nitrificação, sendo esta dosagem, na

segunda etapa, passível de redução, haja vista a recuperação de alcalinidade pela desnitrificação.

6.5.3. *Concepção Preliminar da Estação de Tratamento de Chorume - ETC*

De acordo com o exposto, o sistema de tratamento do percolado do aterro sanitário de Piracicaba deverá contemplar:

- **Lagoa/Tanque de homogeneização:** é utilizado para redução da DBO e também como tanque para sedimentação;
- **Tanque anóxico para desnitrificação:** recomendação da CETESB, utilizado no tratamento físico-químico para a remoção de metais pesados;
- **Tanque aerado com sistema automatizado de dosagem de soda:** serve para remoção da matéria orgânica biodegradável e para manutenção de alcalinidade adequada durante o processo de nitrificação e com possível aplicação de fósforo;
- **Lagoas de polimento:** utilizadas para a remoção adicional de DBO, remoção de nutrientes e remoção de organismos patogênicos;
- **Leitos de secagem de lodo:** lodo seco, com teor de sólidos de aproximadamente 30, é levado para aterro sanitário e o líquido em excesso é coletado e conduzido ao poço de acumulação e novamente para a lagoa aerada;

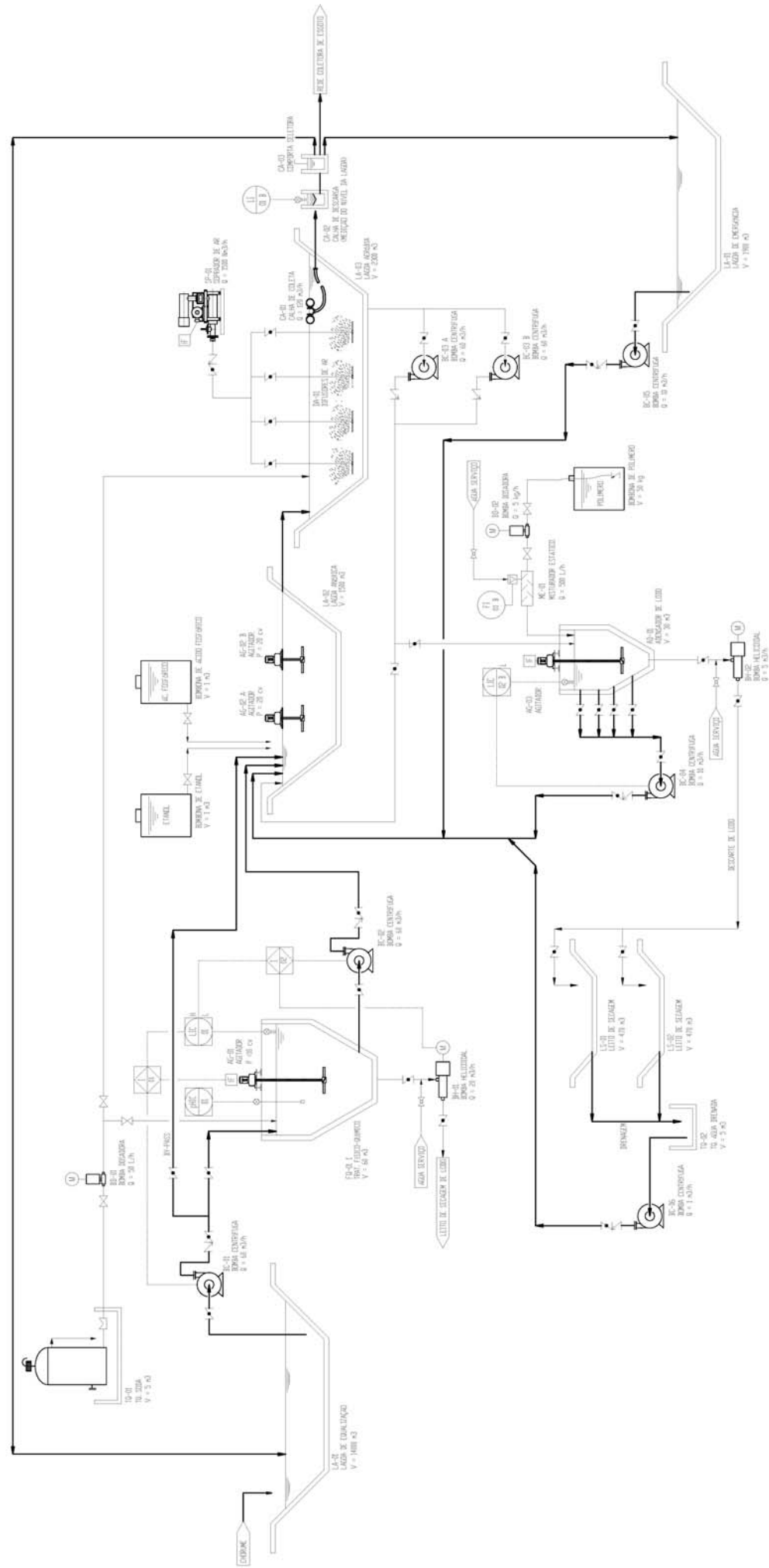


Figura 15: Fluxograma do processo de tratamento da ETE

6.6. FECHAMENTO E SEGURANÇA DA ÁREA

Entende – se, como um dos componentes de proteção ambiental o cercamento de toda a área destinada à CGR Oásis como forma de evitar o acesso de pessoas estranhas e animais. Além do cercamento, haverá vigilância contínua ao longo de todo o perímetro da gleba. O acesso a CGR Oásis será feito por meio de uma portaria, onde haverá o controle de entrada e saídas de pessoas e veículos. As pessoas deverão ser devidamente identificadas e instruídas a respeito das normas de comportamento e de segurança do empreendimento.

De forma a garantir que não haja invasão e ocupação por catadores, bem como o acesso de animais no perímetro do Aterro Sanitário deverá haver cercas de arame galvanizado, fio 10mm, malha (2" x 2") e arrematadas superiormente com 3 (tres) fios de arame farpado n. 14 (BWG 4x4) e mourões de concreto com altura de 2,50m e distanciados a cada 2,50m. Os mourões serão enterrados 1,00m de profundidade, ancorados em concreto e cada mourão será ligado ao seu subsequente por vigamento de concreto de 0,15m de largura e 0,15m de altura. A cerca deve ter as vigas e mourões pintados no padrão da CGR Oásis.

6.7. DEFINIÇÃO DAS JAZIDAS DE MATERIAL DE EMPRÉSTIMO

O material de empréstimo para execução da camada de revestimento da base e cobertura das camadas do aterro, bem como todos os demais serviços que utilizem, solo, será obtido na própria área do empreendimento.

A campanha de sondagens a percussão, de sondagens rotativas, os ensaios geofísicos e os ensaios de caracterização realizados nas amostras permitiram conhecer a espessura e características do solo disponível para exploração como material de cobertura, dentro da gleba do aterro sanitário.

7. MEMORIAL DE CÁLCULO

7.1.1. Sistema De Impermeabilização

7.1.1.1. Verificação da espessura da manta de PEAD

Apresenta-se no procedimento de cálculo a seguir, definido por Koerner (1990), a verificação da espessura mínima da geomembrana de PEAD necessária para impermeabilização da área do aterro sanitário pode ser conferida na Tabela 09 e visualizada na Figura 16. Conforme os resultados apresentados, a espessura mínima requerida corresponde a 0,48 mm. Conforme recomendação do Órgão Ambiental, será utilizada a espessura de manta de PEAD de 2,00mm, sendo assim suficiente para o presente projeto.

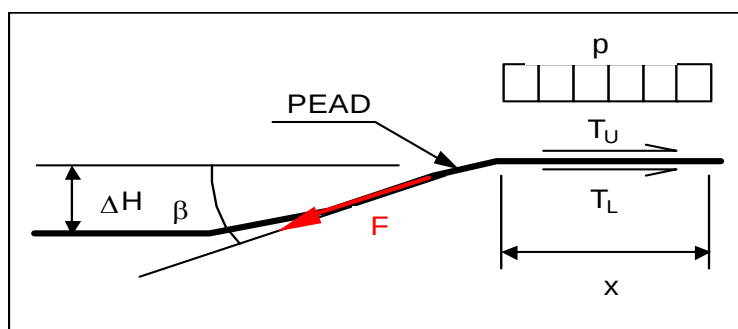


Figura 16: Modelo para cálculo da espessura da manta de PEAD.

Espessura da manta de PEAD:	$t = 2,00 \text{ mm}$
Altura máxima de resíduos:	$H_{\max} = 30 \text{ m}$
Peso específico médio dos resíduos compactados:	$\gamma = 1,00 \text{ t/m}^3$
Pressão aplicada pelos resíduos:	$p = 30 \text{ t/m}^2$
Distância de mobilização da deformação do PEAD:	$x = 5,00 \text{ cm}$
Ângulo da deformação do PEAD:	$\beta = 25,00^\circ$
Tensão admissível do PEAD:	$\sigma_{\text{adm}} = 2.100 \text{ t/m}^2$
Ângulo de atrito entre o PEAD e o Aterro de Proteção termomecânica:	$\delta_u = 18,00^\circ$
Ângulo de atrito entre o PEAD e o Aterro de Impermeabilização:	$\delta_L = 16,00^\circ$
Espessura mínima requerida:	$t = \frac{p \cdot x}{\cos \beta \cdot \sigma_{\text{adm}}} (\tan \delta_u + \tan \delta_L) = 0,48 \text{ mm}$

Tabela 9: Verificação da espessura da manta de PEAD.

7.1.1.2. Verificação do fator de segurança no trecho inclinado

Os trechos com acentuada declividade constituem situações de risco à manta de PEAD, principalmente em sistemas de impermeabilização constituídos por várias camadas. Evitando-se taludes muito altos (>10 m) e declividades muito acentuadas, é possível reduzir os riscos de danos sobre a manta de PEAD.

O procedimento de cálculo apresentado na Figura 17 e Tabela 10, formulado por Koerner (1990), apresenta a verificação do Fator de Segurança da manta de PEAD, nos trechos do sistema de impermeabilização com elevada declividade. Observa-se que o fator de segurança obtido é de 5,56, ou seja, maior que 1 e a favor da segurança.

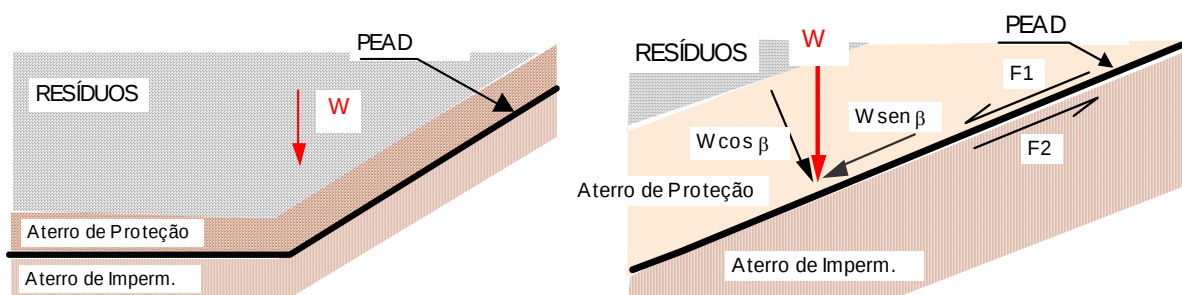


Figura 17: Diagrama dos esforços de tração aplicados na manta de PEAD.

Espessura da manta de PEAD:	$t = 2,00 \text{ mm}$
Altura máxima de resíduos:	$H_{\max} = 30 \text{ m}$
Peso específico médio dos resíduos compactados:	$\gamma = 1,00 \text{ t/m}^3$
Peso de uma lamela de resíduos na área em verificação:	$W = 30 \text{ t/m}$
Ângulo do talude:	$\beta = 28,65^\circ$
Componente normal ao talude:	$N = 26,33 \text{ t/m}$
Ângulo de atrito entre o aterro de proteção termo-mecânica e a manta de PEAD:	$\delta_1 = 18,00^\circ$
Força de atrito entre o Aterro de Proteção e a Manta:	$F_1 = N \cdot \tan \delta_1 = 8,55 \text{ t/m}$
Ângulo de atrito entre o aterro de impermeabilização e a manta de PEAD:	$\delta_2 = 16,50^\circ$
Força de atrito entre o Aterro de Impermeabilização e a Manta:	$F_2 = N \cdot \tan \delta_2 = 7,80 \text{ t/m}$
Tensão a ser diretamente suportada pela manta de PEAD:	$\sigma_{\geq \text{atuante}} = (F_1 - F_2)/t = 378 \text{ t/m}^2/\text{m}$
Fator de segurança:	$FS = \sigma_{\text{adm}} / \sigma_{\text{atuante}} = 5,56$

Tabela 10: Verificação do fator de segurança para instalação da manta de PEAD.

7.2. SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E PERCOLADOS

A drenagem será realizada através de meios porosos, tipo brita 4, na forma de tapete drenante, englobando toda a área do aterro, com dreno longitudinal em tubo de PEAD. A proposta pode ser visualizada no Detalhe 1, apresentado em anexo, na Planta 12 anexo II.

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

O memorial de cálculo foi dividido em duas fases: a primeira é a consideração de toda área de influência vista em planta para o tapete drenante, cuja vazão média adotada foi de 1,85 L/s e a espessura da camada em Brita 4 igual a 80 cm (Tabela 13); e a segunda foi a verificação da velocidade do escoamento do tubo de PEAD perfurado (tipo “kananet”), cujo diâmetro adotado foi de 15 cm (Tabela 14). Os parâmetros hidráulicos dos materiais utilizados para drenagem de percolados e descritos na literatura estão sugeridos na Tabela 11 (condutividade hidráulica) e na Tabela 12 (raio hidráulico).

Tipo de Material	Granulometria (cm)	K (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,5 a 1,0	5
Areia Grossa	0,2 a 0,5	0,1
Areia Fina	0,005 a 0,04	10^{-3}
Silte	0,0005 a 0,005	10^{-5}
Argila	menor que 0,0005	10^{-8}

Tabela 11: Condutividade hidráulica para materiais drenantes.

Fonte: BRASIL (2006).

Brita ou Cascalho	Diâmetro Nominal	Diâmetro Equivalente	Rh (cm)		
			Porosidade		
			0,40	0,45	0,50
2	2,0	1,52	0,17	0,21	0,25
3	2,5	1,91	0,21	0,26	0,32
4	5,0	3,8	0,42	0,52	0,63
5	7,5	5,46	0,61	0,74	0,91

Tabela 12: Valores de Rh (Raio Hidráulico) para britas
Fonte: CETESB (1979).

Dados de Entrada:

Vazão a ser conduzida:	Q=	1,85 L/s
Coeficiente de condutividade hidráulica:	K=	80,0 cm/s
Porosidade do Meio Drenante:	P =	0,45
Fator de Segurança:	FS=	1,5
Volume de Chorume:	V=	58341,6 m ³

Cálculo da Seção Mínima:

Área de superfície:	A _{aterro} =	248.300 m ²
Espessura:	H=	0,522 m

Seção Adotada :

Largura da Seção:	L=	m
Altura mínima do nível de chorume (30% de H _{total}):	H _{min} =	0,23 m
Altura total da Seção:	H _{total} =	0,78 m
Volume líquido:	V _L =	87512 m ³
Volume total:	V _T =	194472 m ³

Tabela 13: Dimensionamento dos drenos primários (tapete drenante).

A Tabela 15 apresenta o dimensionamento da lagoa de contenção de chorume, devendo a mesma possuir dimensões externas iguais a 60 x 90 m e 5 m de profundidade.

Vazão de dimensionamento:	$Q_{dim} = 1,85 \text{ L/s}$
Diâmetro do tubo:	$D = 0,15 \text{ m}$
Declividade do canal:	$I_o = 0,010 \text{ m/m}$
Coeficiente de rugosidade de Manning:	$n = 0,016 \text{ KANANET}$
Borda livre requerida:	$b_{lr} = 0,03 \text{ m}$
Velocidade máxima para o material do tubo:	$V_{max} = 4 \text{ m/s}$
Altura da lâmina líquida:	$y = 0,08 \text{ m}$
q graus:	$\theta_g = 187,6 \text{ graus}$
q radianos:	$\theta_r = 3,275 \text{ radianos}$
Área molhada:	$S_h = 0,0096 \text{ m}^2$
Perímetro molhado:	$P_h = 0,2456 \text{ m}$
Raio hidráulico:	$R_h = 0,0390 \text{ m}$
Capacidade de escoamento calculada:	$Q_s = 0,0069 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_s = \mathbf{6,89 \text{ L/s}}$
Velocidade de escoamento:	$v = 0,72 \text{ m/s}$
Borda livre disponível:	$b_{ld} = 0,07 \text{ m}$
Fator de Segurança:	$FS = Q_s / Q_{dim}$ $= \mathbf{3,7}$

Tabela 14: Dimensionamento hidráulico do tubo principal.

Vazão média:	$Q_{\text{média}} =$	2,00	L/s
Tempo de acumulação requerido:	$T =$	90	dias
Volume útil requerido:	$V_{\text{útil requerido}} =$	15.552	m ³
Dimensões da lagoa:			
Largura Total:	$L =$	60,0	m
Comprimento Total:	$C =$	90,0	m
Largura da base:	$L_b =$	40,0	m
Comprimento da base:	$C_b =$	70,0	m
Área da base:	$A_b =$	2800,0	m ²
Área total:	$A =$	5400,0	m
Altura total:	$H =$	5,0	m
Borda livre:	$bl =$	0,5	m
Altura reservada para acúmulo de lodo:	$H_{\text{lodo}} =$	0,0	m
Inclinação da Parede do Dique:	$z =$	2,0	m/m
Volume útil calculado:	$V_{\text{útil}} =$	17.874	m ³

Tabela 15: Dimensionamento da lagoa de contenção de chorume.

7.3. SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL

7.3.1. Intensidade de chuva crítica

a) Tempo de Concentração da Bacia (t_c)

O tempo de concentração da bacia pode ser estimado através da equação do SCS (Soil Conservation Service), conforme apresentada a seguir:

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,305}$$

Onde:

L: Comprimento de talvegue máximo;

H: Altura máxima de perfil longitudinal do talvegue máximo.

Através do método cinemático, que consiste em dividir a bacia em N trechos homogêneos e calcular a velocidade de escoamento em cada um deles, tem-se o tempo de concentração igual a:

$$t_c = \frac{\sum L_i}{V_i}$$

Onde:

L_i : comprimento de cada trecho em metros;

V_i : velocidade de escoamento em cada trecho "i" em m/s.

Devido ao recalque, a determinação de velocidades de escoamento, trechos de bacia, dentre outros elementos necessários à determinação do tempo de concentração não podem ser obtidos pelos métodos tradicionais.

Foi utilizado neste projeto o tempo de 20 minutos para o tempo de concentração da bacia.

A intensidade de chuva crítica foi determinada através da equação geral, válida para cidades de todo o Brasil, desenvolvida pela CETESB (1979):

$$I_c = \frac{1}{t_c} (0,21 \ln(T) + 0,52) (0,54 t_c^{0,25} - 0,5) P_{60,10}$$

I_c: Intensidade de chuva crítica (mm/min);

t_c: Tempo de concentração (min);

t_c = 20 min

T: Período de retorno (anos);

T = 5 anos (Mínimo exigido pela ABNT-NBR 13896/97)

P_{60,10}: Precipitação com duração de 60 minutos e período de retorno de 10 anos (mm), já ocorrida.

P_{60,10} = 50mm, para a Cidade de Piracicaba (CETESB, 1979).

Os parâmetros utilizados resultam em:

$$I_c = \frac{1}{20} (0,21 \ln(5) + 0,52) (0,54 \cdot 20^{0,25} - 0,5) 50 = 1,377 \text{ mm/min}$$

b) Análise das vazões de pico da bacia

As vazões críticas utilizadas no dimensionamento dos elementos de drenagem superficial foram determinadas pelo Método Racional, onde a área de drenagem é limitada pela própria valeta e pela linha do divisor de águas de vertente de montante. Este método é largamente utilizado para áreas de drenagem inferiores a 2,5 km².

As vazões de pico foram dimensionadas através da seguinte expressão:

$$Q = A \cdot I_c \cdot C$$

Onde:

Q - Vazão de Pico;

A - Área de contribuição;

I_c - Intensidade de chuva crítica;

C - Coeficiente de escoamento superficial (Tabela 16).

Tipo de cobertura	Solo Arenoso		Solo argiloso	
	Declividades		Declividades	
	<7%	>7%	<7%	>7%
Áreas com matas	0,2	0,25	0,25	0,3
Campos cultivados	0,3	0,35	0,35	0,4
Áreas gramadas	0,3	0,4	0,4	0,5
Solos sem cobertura vegetal	0,3	0,6	0,6	0,7

Tabela 16: Coeficientes de escoamento superficial (C) (CETESB, 1979).

A determinação da capacidade de vazão deve levar em consideração não só a bacia de contribuição atual, mas também uma previsão para a bacia futura, conforme os cálculos apresentados na Tabela 17, considerando que a área total do aterro é de

248.300 m² e considerando a fase de construção do aterro, em solo argiloso descoberto.

Sub-bacia	A (m ²)	C	Q (m ³ /s)	Q (L/s)
I - Aterro Sanitário - Bacia para dimensionamento de canaletas de berma (média de 5 bermas e 9 descidas)	5.518	0,5	0,073	73,4
II - Aterro Sanitário - Bacia para dimensionamento da descida d'água sobre taludes (presença de 9 descidas)	27.589	0,5	0,367	367,2
III - Bacia para dimensionamento de drenagem provisória para proteção da área de corte/aterro sanitário da área de trabalho (divisão de 3 partes)	82.767	0,3	0,661	661,0
IV - Bacia para dimensionamento das canaletas de contorno (considerando 2/3 da área total)	165.533	0,3	1,322	1.322,0

Tabela 17: Quantificação das vazões pelo método racional.

7.3.2. Projeto hidráulico dos elementos do sistema de drenagem superficial

Os elementos de drenagem superficial são apresentados e detalhados na Planta 13 em anexo.. O dimensionamento dos principais deles é apresentado a seguir.

a) Canaletas de Berma

As canaletas de berma foram dimensionadas através da equação de Manning, apresentada a seguir:

$$Q = \frac{1}{\eta} S_h R_h^{2/3} I_o^{0,5}$$

Onde:

η : Coeficiente de rugosidade de Manning;

I_o - Declividade do canal;

S_h - Área molhada;

P_h : Perímetro molhado.

R_h - Raio hidráulico: $R_h = S_h / P_h$

Para canaleta triangular, conforme Detalhe 1 da Planta 13, tem-se a seguinte equação para determinação da área molhada e do raio hidráulico:

$$S_h = \frac{y^2}{2}(z_1 + z_2) \quad \text{e} \quad P_h = y(\sqrt{1+z_1^2} + \sqrt{1+z_2^2})$$

Onde:

y = altura da lâmina d'água;

z_1 e z_2 : inclinação de cada face da base da canaleta triangular.

Devem ser respeitadas também as seguintes condições:

- Altura livre mínima igual a 20% da lâmina líquida;
- Velocidade máxima de acordo com o material do canal (Tabela 18).

A Tabela 19 apresenta o memorial de cálculo para dimensionamento e verificação das canaletas de berma no aterro, do tipo triangula, com 1 m de largura e 0,25 m de altura. Verifica-se que a vazão dimensionada para este elemento é da ordem de 75 L/s, sendo, portanto maior que mínima requerida, de 73,4 L/s, conforme apresentado na Tabela 17.

Velocidade (m/s)			Tipo de Material
0,23	a	0,3	Areia muito fina
0,3	a	0,46	Areia solta média
0,46	a	0,61	Areia grossa
0,61	a	0,76	Terreno arenoso comum
0,76	a	0,84	Terreno silte argiloso
0,84	a	0,91	Terreno de aluvião
0,91	a	1,14	Terreno argiloso compacto
1,14	a	1,22	Terreno argiloso duro
1,22	a	1,52	Solo cascalhado
1,52	a	1,83	Cascalho grosso, pedregulho, pirraça
1,83	a	2,44	Rochas sedimentares moles-xistos
2,44	a	3,05	Alvenaria
3,05	a	4	Rochas compactas
4	a	6	Concreto

Tabela 18: Velocidade máxima de escoamento (Porto, 1998).

Inclinação das paredes:	$z_1 =$	1,5
	$z_2 =$	2,5
Declividade do canal:	$I_o =$	0,005 m/m
Coeficiente de rugosidade de Manning:	$n =$	0,013
Borda livre:	$bl =$	20% de y
Velocidade máxima para o material da canaleta:	$V_{max} =$	2,75 m/s
Lâmina Líquida:	$y =$	0,19 m
Área molhada:	$S_h =$	0,072 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	0,85 m
Raio Hidráulico:	$R_h =$	0,08 m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q =$	0,075 m ³ /s
	$Q =$	75,00 L/s
Velocidade de escoamento	$V =$	1,05 m/s
Altura da canaleta	$H =$	0,23 m
Largura da canaleta	$B =$	0,91 m

Tabela 19: Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de berma.

b) Descidas D'água

As descidas d'água têm como objetivo conduzir as águas captadas pelos outros dispositivos de drenagem, assim como dos taludes do aterro. Considerando que as descidas, se darão por geocélulas em formato trapezoidal, seu dimensionamento pode ser feito através da Equação de Manning e também através das seguintes fórmulas:

$$S_h = y(b + yz) \quad \text{e} \quad P_h = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

Onde:

b = largura da base;

y = altura da lâmina d'água;

z = inclinação das paredes.

A seção trapezoidal das geocélulas foi dimensionada de acordo com os resultados apresentados na Tabela 20. Conforme apresentado no Detalhe 2 da Planta 13 em anexo, tem-se B = 1,20 m, H = 0,15 m e b = 0,60 m para uma vazão equivalente Q = 426 L/s, o que é superior a vazão de escoamento calculada para a presença de 9 decidas d'água no aterro, de 367 L/s (Tabela 17).

Inclinação da parede:	$z = 2,5$	
Largura da base:	$b = 0,6$	m
Declividade da canaleta:	$I_o = 0,500$	m/m
Coeficiente de rugosidade de Manning:	$\eta = 0,025$	
Borda Livre:	$bl = 20\%$	de y;
Velocidade máxima de acordo com o material:	$V_{\max} = 5,0$	m/s
Altura da lâmina líquida:	$y = 0,100$	
Área molhada:	$S_h = 0,09$	m ²
Perímetro molhado:	$P_h = 1,14$	m
Raio hidráulico:	$R_h = 0,07$	m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q = 0,426$	m ³ /s
	$Q = 426,27$	L/s
Velocidade de escoamento:	$V = 5,0$	m/s
Altura da canaleta:	$H = 0,12$	m
Largura da canaleta:	$B = 1,20$	m

Tabela 20: Memorial de cálculo do dimensionamento das descidas d'água em geocélula.

Para as descidas d'água em tubo ou seção circular, aterradas sob as bermas, o dimensionamento pode ser feito através do fator de seção (W), que pode ser expresso através das seguintes equações (Brasil, 2006):

$$W = Z/d^{2,5}$$

Onde:

$$Z = Q/\sqrt{g};$$

d = diâmetro da seção circular.

Para tubulações de 0,70 m de diâmetro e vazão (Q) igual a 0,4 m³/s (Tabela 18), tem-se Z igual a 0,13 e W igual a 0,31. A partir de uma tabela dada por Brasil (2006) que relaciona W e y/d, tem-se y/d igual 0,57. Deste modo, a profundidade crítica (y) de água dentro do tubo é de 0,40 m, sendo menor do que 80% do valor total do diâmetro.

c) Saídas D'água

As saídas d'água são os dispositivos de transição entre as canaletas do aterro e as descidas d'água. Elas devem ter uma seção tal que permita uma rápida captação das águas que escoam pela borda do aterro, conduzindo-as às descidas d'água.

O dimensionamento hidráulico das saídas d'água consiste em determinar a largura (L) da entrada, de forma a conduzir toda água proveniente das canaletas até as descidas d'água, sem turbulências. O valor de L pode ser dado através da seguinte fórmula (Brasil, 2006):

$$L = \frac{Q}{K.y.\sqrt{g.y}}$$

onde:

Q = descarga afluyente pela canaleta (m³/s);

y = altura do fluxo na canaleta (m);

K = coeficiente, função da declividade, tomado igual a 0,20 para declividades da canaleta entre 2% e 5%.

Para uma vazão (Q) de 0,075 m³/s e uma lâmina d'água (y) de 0,19 m para as canaletas de berma (Tabela 20), tem-se L igual a 1,44 m.

d) Canaletas Provisórias

A Tabela 21 apresenta o memorial de cálculo para dimensionamento das canaletas provisórias de concreto a serem construídas durante a construção do aterro. O critério de cálculo utilizado foi o mesmo daquele descrito nos item b, mas agora considerando seção retangular em vez de trapezoidal. Para uma vazão de 680 L/s (maior que a estimada na Tabela 17), tem-se canaletas com H = 0,70 m e B = 1,00 m.

Inclinação da parede da canaleta:	$z =$	0	
Largura do fundo da canaleta:	$b =$	1	m
Declividade da canaleta:	$I_o =$	0,005	m/m
Coeficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,025	
Borda Livre:	$bl =$	20%	de y;
Velocidade máxima de acordo com o material:	$V_{\max} =$	1,20	m/s
Altura da lâmina líquida:	$y =$	0,578	
Área molhada:	$S_h =$	0,58	m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	2,16	m
Raio hidráulico:	$R_h =$	0,27	m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q =$	0,680	m ³ /s
	$Q =$	680,00	L/s
Velocidade de escoamento:	$V =$	1,18	m/s
Altura da canaleta:	$H =$	0,69	m
Largura da canaleta:	$B =$	1,00	m

Tabela 21: Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta provisória retangular de concreto.

e) Canaletas de Contorno

A Tabela 22 apresenta o memorial de cálculo para dimensionamento das canaletas de contorno de concreto a serem construídas na borda do aterro. O critério de cálculo utilizado foi o mesmo daquele descrito no item anterior, para as canaletas retangulares. Para uma vazão de 1350 L/s (maior que a estimada na Tabela 17), tem-se canaletas com $H = 0,70$ m e $B = 0,80$ m.

Inclinação da parede da canaleta:	$z =$	0
Largura do fundo da canaleta:	$b =$	0,8 m
Declividade da canaleta:	$I_o =$	0,015 m/m
Coeficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,015
Borda Livre:	$bl =$	20% de y ;
Velocidade máxima de acordo com o material:	$V_{\max} =$	5,00 m/s
Altura da lâmina líquida:	$y =$	0,564
Área molhada:	$S_h =$	0,45 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	1,93 m
Raio hidráulico:	$R_h =$	0,23 m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q =$	1,400 m ³ /s
	$Q =$	1400,00 L/s
Velocidade de escoamento:	$V =$	3,10 m/s
Altura da canaleta:	$H =$	0,68 m
Largura da canaleta:	$B =$	0,80 m

Tabela 22: Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de contorno retangular de concreto no aterro.

7.3.3. Resumo do dimensionamento do sistema de drenagem

A Tabela 23 apresenta um resumo do dimensionamento dos diversos elementos de drenagem superficial adotados no projeto da Central de Gerenciamento de Resíduos de Piracicaba.

Sub-bacia	Tipologia	Dimensões	η	Declividade I_o (m/m)	Capac. de esc. (L/s)
I – Dimensionamento de canaletas de berma	Triangular	H = 0,25 m B = 1,00 m	0,013	0,005	75
II – Dimensionamento da descida d'água sobre taludes	Geocélula trapezoidal	b=0,60 m B=1,20 m H =0,15 m	0,025	0,500	426
	Travessia em tubo de concreto	ϕ = 0,70m	0,015	0,500	400
III – Saídas D'água	Bloco de concreto / Alvenaria	B=1,44 m	0,015	-	75
IV – Canaletas provisórias	Canaleta Retangular em solo natural compactado	B=1,00 m H=0,70 m	0,025	0,005	700
V – Canaletas de contorno	Canaleta Retangular de concreto / bloco de concreto	B=0,80 m H=0,70 m	0,015	0,015	1350

Tabela 23: Caracterização dos elementos de drenagem – CGR Oásis.

8. CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS E DAS OBRAS

As obras de implantação da Central de Gerenciamento de Resíduos CGR Oásis deverão ter sua qualidade certificada, de modo a garantir não só a segurança durante a execução das obras, mas, sobretudo a performance de segurança estrutural e de minimização de riscos ambientais na fase de operação do aterro.

Assim sendo, deverão ser certificados e controlados os materiais e sua aplicação nas seguintes etapas:

8.1. ATERRO DE REGULARIZAÇÃO DE BASE E DO DIQUE DE DISPARO

O material terroso utilizado para regularização da base e na execução do dique de disparo deverá ser isento de matérias orgânicas e micáceas (máximo de 5% de material micáceo). Argilas orgânicas não deverão ser empregadas, e não deverá ser permitido também o uso de solos que tenham baixa capacidade de suporte e expansão maior que 4%. Estes materiais terrosos não deverão apresentar uma incidência de pedregulhos maior que 5% e uma fração de finos (silte e argila) maior que 40%. Estes solos somente deverão ser transportados para a praça de lançamento, espalhamento e compactação em condições onde a sua umidade natural (h) esteja no seguinte intervalo de tolerância:

- $h \leq h_{ot} + 5\%$.
- $LL < 60\%$;
- $LP < 30\%$;
- $IP \leq 18\%$;
- γ_s máx referido ao P.N. $\geq 1,6 \text{ t/m}^3$;
- $(\%)$ passante # n° 200 $\leq 55\%$.

O lançamento do material deverá acontecer em camadas sucessivas, e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação de acordo com as especificações; a espessura da camada compactada não deverá ultrapassar 0,20 m. No caso do solo lançado estar excessivamente úmido, deverá ser providenciadas a sua aeração e secagem ao sol. Tal aeração e exposição deverão ser realizadas com revolvimento do solo com grade de disco e conseqüente exposição ao calor.

Para o lançamento de uma nova camada sobre uma já executada, deverá ser providenciada uma escarificação superficial da camada existente de modo a assegurar uma boa ligação entre camadas.

No caso do solo estar excessivamente seco, deverá ser promovidos a umectação do mesmo com caminhão pipa e posterior homogeneização do solo com grade de discos.

Todas as camadas deverão ser convenientemente compactadas. Para o corpo dos aterros, a compactação deverá ser procedida com o solo na umidade ótima, até +5%, até se obter a massa específica seca entre 95% e 98% da massa específica máxima seca, definida no ensaio de PROCTOR NORMAL-(NBR-7182). Os trechos que não atingirem as condições mínimas de compactação deverão ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, de acordo com a massa específica aparente seca exigida.

O número de passadas deverá ser de 6 a 10, com rolo pé de carneiro de 20 a 30 t, ou em função de determinações experimentais. Deverá ser atingido, em toda a extensão da camada, o grau de compactação especificado, devendo ser realizado o controle de compactação com no mínimo 6 ensaios por camada lançada ou a cada 500m³.

8.2. GEOCOMPOSTO IMPERMEABILIZANTE - GCL

O geocomposto impermeabilizante - GCL deverá atender as seguintes especificações:

Propriedades do material	Método do teste	Freqüência (m ²)	Resultados Requeridos
Índice de Inchamento da bentonita	ASTM D 5890	1/50ton	24ml/2g (mín)
Perda de fluidos da bentonita	ASTM D 5891	1/50ton	18ml (máx)
Massa de bentonita/área	ASTM D 5993	4.000m ²	3,6kg/m ² (mín)
Resistência ao arrancamento	ASTM D 6768	20.000m ²	53N/cm
Resistência a pelagem	ASTM D 6496	4.000m ²	6,1N/cm
Índice de fluidez	ASTM D 5887	Semanalmente	1x10 ⁻⁸ m ³ /m ² seg (máx)
Condutividade hidráulica	ASTM D 5887	Semanalmente	5x10 ⁻⁹ cm/seg (máx)
Forças internas de cisalhamento do GCL hidratado	ASTM D 5321 ASTM D 6243	Periódico	24kPa

Tabela 24: Especificações do Geocomposto Impermeabilizante - GCL.

8.3. GEOCOMPOSTO DRENANTE

O geocomposto drenante é composto por uma grelha de PET entre duas camadas de um geotêxtil não tecido, e deverá atender as seguintes especificações (2E – 05 ou similar).

Composição										
Georrede			PEAD ⁽¹⁾ estabilizado							
Geotêxtil			Poliéster (PET)							
Propriedades mecânicas do geocomposto			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
			100	200	100	200	100	200	100	200
Resistência longitudinal à tração	kN/m	ISO 10319	7.0	9.0	7.0	9.0	7.0	9.0	7.0	9.0
Alongamento longitudinal	%	ISO 10319	30	30	30	30	30	30	30	30
Propriedades hidráulicas Geocomposto			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
			100	200	100	200	100	200	100	200
Transmissividade ⁽²⁾	m ² /s	ASTM D 4716	0.95	0.80	0.85	0.70	0.40	0.28	0.48	0.32
Geotêxtil			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
			100	200	100	200	100	200	100	200
Permeabilidade	cm/s	ASTM D 4491	1.1x10 ⁻¹	0.35	1.1x10 ⁻¹	0.35	1.1x10 ⁻¹	0.35	1.1x10 ⁻¹	0.35
Abertura de filtração do geotêxtil	mm	AFNOR G 38017	0.145	0.23	0.145	0.23	0.145	0.23	0.145	0.23
Propriedades físicas Geocomposto			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
			100	200	100	200	100	200	100	200
Gramatura	g/m ²	ISO 9864	850	950	1100	1200	950	1150	1200	1400
Espessura	mm	ISO 9863	5.7	6.6	6.7	7.6	6.4	8.2	7.4	9.2
Geotêxtil			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
			100	200	100	200	100	200	100	200
Gramatura	g/m ²	ABNT NBR 12569 ASTM D 5199	100	200	100	200	100	200	100	200
Espessura	mm	ABNT NBR 12569 ASTM D 5199	0.7	1.6	0.7	1.6	0.7	1.6	0.7	1.6
Apresentação do rolo			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
			100	200	100	200	100	200	100	200
Comprimento	m		25	25	25	25	25	25	25	25
Largura	m		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

⁽¹⁾ PEAD – Polietileno de Alta densidade estabilizado com negro de fumo (2% ASTM D – 1603).

⁽²⁾ i = 1 σv = 200 kPa.

Tabela 25: Especificações do Geocomposto Drenante.

8.4. GEOTÊXTIL NÃO-TECIDO

Esta camada deverá ser constituída por geotêxtil não-tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster, com as características na tabela abaixo.

Característica	Norma	Unid.	Valor Mínimo
Resistência à Tração (carga distribuída) nos dois sentidos	ASTM D 4595	kN/m	25
Alongamento	(Largura do C.P. 200mm)	%	45-55
Resistência à Tração "Grab-test" (carga concentrada) Alongamento	ASTM D 4632	kN/m %	1600 > 50
Resistência ao Puncionamento	ASTM D 3787	N	4,25
	Tolerância de projeto	%	+/- 15%
Resistência Limite de Projeto (nos dois sentidos)	ASTM D 4595	KN/m	15

Tabela 26: Especificações Geotêxtil Não-tecido.

8.5. GEOMEMBRANA DE PEAD

O material de impermeabilização a ser aplicado será uma geomembrana sintética negra, sem reforço, flexível, de polietileno de alta densidade (PEAD) com 2mm de espessura.

A FORNECEDORA deverá possuir um sistema de controle de qualidade do material durante a fabricação da geomembrana, como parte de seu plano de CQ/GQ (Controle de Qualidade / Garantia de Qualidade).

A geomembrana deverá ser ensaiada de acordo como as especificações da ASTM e os resultados destes ensaios deverão se situar dentro dos limites indicados na tabela a seguir.

PROPRIEDADE	MÉTODO DE ENSAIO	VALOR	FREQUÊNCIA MÍNIMA DOS TESTES
Espessura	ASTM D5199	2 mm (-10%) ⁽¹⁾	a cada 9 ton
Densidade (*)	ASTM D792 (método A)	0,940 g/cm ³	a cada 90 ton
Propriedades Mecânicas	ASTM D638 Tipo IV		a cada 9 ton
1. Resistividade de Escoamento		29 KN/m - mínimo ⁽²⁾	
2. Alongamento no Escoamento		12 % - mínimo ⁽²⁾	
3. Resistência na Ruptura		53 KN/m - mínimo ⁽²⁾	
4. Alongamento na Ruptura		700 % - mínimo ⁽²⁾	
Resistência de Rompimento	ASTM D1004	249 N - mínimo	a cada 20 ton
Resistência ao Puncionamento	ASTM D4833	640 N - mínimo	a cada 20 ton

Tabela 27: Especificações da Geomembrana de PEAD 2mm.

8.6. ATERRO DE PROTEÇÃO TERMO-MECÂNICA DA GEOMEMBRANA

8.6.1. Características do Solo para Utilização como Aterro de Proteção Termo-Mecânica

Material terroso/arenoso, proveniente de escavação da área dentro da área do aterro sanitário, aplicando-se a este caso a possibilidade de materiais terrosos destinados a bota-foras, desde que isentos de matéria orgânica (lodos e vegetação), com características técnicas que atendam aos seguintes limites:

- IP (Índice de Plasticidade) $\leq 25\%$
- LL (Limite de Liquidez) $< 60\%$
- h_{nat} (Umidade natural do material) $\leq 3\%$

8.6.2. Compactação do Aterro de Proteção Termo-Mecânica

Cada camada deverá ser executada lançando espessuras de material solto não superior a 25 cm. O material lançado será espalhado e nivelado de modo a ser obtida uma superfície plana e de espessura uniforme. Na sequência, o solo lançado deverá ser tratado por meio de grade de discos para assegurar que ao longo de sua espessura seja obtido um material homogêneo quanto ao teor da umidade e textura.

A seguir, o solo será compactado por meio de rolos compactadores tipo pé de carneiro, com 8 a 10 passadas, de forma a ser obtido um grau de compactação mínimo de 95% e teor de umidade dentro da faixa de 0 a + 2% da umidade ótima, ambos referidos ao Ensaio Proctor-Normal (NBR-7182).

Para o lançamento de uma nova camada sobre uma já executada, deverá ser feita uma escarificação superficial da camada existente de modo a assegurar uma boa ligação entre camadas.

Os ensaios de controle de compactação consistirão, basicamente, em 2 ensaios de determinação de umidade e de densidade para cada camada lançada, com volume superior a 1000 m³.

9. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS OPERACIONAIS DO ATERRO SANITÁRIO

Neste item são abordados os procedimentos operacionais das etapas referentes ao recebimento dos resíduos na CGR Oásis até a sua disposição final, como descrito a seguir:

9.1.1. Acessos, Iluminação e Isolamento da área do aterro.

O acesso principal será através da Rodovia Estadual Laércio Corte - SP 147, km 132. Além do acesso interno principal, deverão ser abertos acessos internos secundários até as frentes de aterramento de lixo. Estes acessos secundários funcionarão apenas durante a fase de operação do aterro, sendo os mesmos construídos em solo compactado e cobertos por uma camada de cascalho ou brita 2, onde necessário.

De qualquer forma, estes acessos deverão ser mantidos em boas condições de uso durante todo o ano de operação do aterro, permitindo o trânsito de veículos mesmo em dias de chuva, pois disto dependerá a eficiência da operação do Aterro. Motivo pelo qual não deve ser negligenciado o estoque de brita ou bica corrida no aterro, visto que principalmente durante as chuvas os acessos se deterioram com grande velocidade.

A iluminação do acesso em pontos como curva e outras singularidades devem ser permanentes e também a adoção de um sistema de sinalização, que tenha a função de informar ao usuário todos os cuidados a serem tomados quando dentro das instalações do Aterro. Esta sinalização deve contar basicamente com:

- Placas sinalizadoras de limites de velocidade e mão de direção;
- Placas sinalizadoras de proibições (estacionamento, paradas, etc);
- Placas sinalizadoras de advertências (curvas acentuadas, tráfego de máquinas, cruzamentos, etc.);

Estruturas limitantes e indicativas (guard-rails, pneus pintados com tintas refletivas), pois não há possibilidade de colocação de faixas nos acessos.

Com a necessidade de otimização dos serviços de limpeza pública, a coleta de resíduos poderá ser efetuada no período noturno.

Assim sendo, é necessária a manutenção de equipes para a operação noturna, onde a segurança e eficiência dos serviços devem - se a um bom sistema de iluminação que pode ser de 2 (dois) tipos:

- Iluminação Fixa: Constituída de postes e luminárias fixas que tem como objetivo iluminar os pátios de estocagem de materiais, área administrativa e de apoio e acessos;
- Iluminação Móvel: Este sistema é importantíssimo, pois acompanha o andamento das camadas de lixo, iluminando as frentes de operação do aterro.

São geralmente constituídos de holofotes de grande potência colocados em torres móveis através de sistemas de rodas ou de plataformas metálicas que são transportadas pelos tratores.

O sistema de iluminação deve atender também à segurança patrimonial, devendo ser colocada em pontos estratégicos do aterro a fim de facilitar o serviço da vigilância.

9.1.2. *Recebimento e Pesagem dos Resíduos*

Ao chegar à CGR Oásis, os caminhões serão identificados e encaminhados para a balança onde o peso é medido e armazenado no sistema, que se dará por meio de um sistema informatizado, que possibilitara o gerenciamento dos serviços.

Na sequência, o veículo será encaminhado à frente de operação onde efetuará o procedimento de descarga. Após a descarga, o veículo deverá ser novamente pesado para obtenção de sua tara, encerrando o ciclo de recebimento e pesagem com a emissão de um ticket com os valores aferidos na medição.

Com isso, tem-se um controle quantitativo e qualitativo dos resíduos dispostos na área, contribuindo para um perfeito funcionamento do aterro e para a implementação do histórico de evolução dos resíduos coletados no município.

9.2. INFRA - ESTRUTURA DE APOIO DA CGR OÁSIS

A Central de Gerenciamento de Resíduos de Piracicaba contará com uma infraestrutura que englobará a construção de uma estação de tratamento de efluentes – ETE (Planta 16), edificações para administração, contendo vestiários, sanitários, cozinha e pronto – socorro, fiscalização, portaria, balança, cercamento da área, garagem, oficina e sua infra-estrutura (Plantas 18, 19, 20, 21 e 22). O sistema de água, e esgoto deverão ser solicitados as devidas ligações, já que a área localizada na Fazenda Matão, SP – 147 (Piracicaba-Limeira), não é atendido com rede de abastecimento de água e com rede coletora de esgoto, conforme informação do Departamento de Obras Hidráulicas apresentada no Anexo I.

A seguir são apresentados os quadros de mão-de-obra e de equipamentos mínimos necessários para início da operação da central.

9.3. ESTIMATIVAS DE MÃO-DE-OBRA PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO ATERRO

Área Técnica

É a área responsável pelas ações gerais de caráter técnico das obras, como engenharia, controle e gerenciamento da obra, previsões de custo, execução de medições, implantação geométrica das obras, fiscalização geral dos serviços etc..

A mão-de-obra técnica do aterro está resumida no Tabela 28 que se segue, que estipula os cargos necessários na estrutura, o dimensionamento quantitativo dos funcionários necessários em cada função e uma descrição das atribuições de cada cargo.

Cargo	Quant.	Período	Função
Engenheiro Civil	1	Diurno	Implantação e operação do aterro sanitário, previsões de custo e faturamento da obra
Topógrafo	1	Diurno	Acompanhamento geral do funcionamento do aterro (atualização do “as built”, monitoramento do aterro, localização da drenagem, fechamento do quantitativo do material gasto no aterro, locação de acessos para descarga de lixo, locação da instrumentação)
Auxiliar Topografia	1	Diurno	Porta mira e faz medidas no campo
TOTAL	3		

Tabela 28: Descrição da mão de obra

Área Administrativa

É a área responsável pelas ações gerais de caráter administrativo da obra, tais como apropriação de horas trabalhadas, controle de materiais e estoques, execução de medições de serviços, controle de contas a pagar e a receber, controle de sub-empreiteiros, controle da limpeza geral do canteiro e da vigilância, fornecimento de refeições, alojamento etc..

A mão-de-obra administrativa do aterro está resumida na Tabela 29 que se segue, que estipula os cargos necessários na estrutura, o dimensionamento quantitativo dos funcionários necessários em cada função e uma descrição das atribuições de cada cargo.

Cargo	Quant.	Período	Função
Auxiliar Administrativo	1	Diurno	preenchimento de RCM, medições, protocolos de notas, contrato de prestação de serviços
Apontador	1	Diurno	marcação de terra, uso de equipamentos
	1	Noturno	
Vigia	2	Diurno	vigilância do aterro
	3	Noturno	
Servente (refeitório/limpeza)	1	Diurno	serviços gerais de limpeza
Balanceiro	1	Diurno	pesagem de veículos
	1	Noturno	
TOTAL	13		

Tabela 29: Descrição da mão de obra administrativa

Área de Manutenção

É a área responsável pelas ações gerais, de modo a permitir que sempre os equipamentos estejam em condições adequadas de operação e funcionamento, englobando assim os trabalhos de oficina, abastecimento, lubrificação e mecânica.

A mão-de-obra de manutenção do aterro está resumida na Tabela 30 que se segue, que estipula os cargos necessários na estrutura, o dimensionamento quantitativo dos funcionários necessários em cada função e uma descrição das atribuições de cada cargo.

Cargo	Quant.	Período	Função
Mecânico	1	Diurno	Manutenção de equipamentos, veículos pesados e leves
Almoxarife	1	Diurno	Controle de peças e materiais em estoque
Servente	2	Diurno	Serviços de borracharia, lavagem, pneus, etc
Viverista	1	Diurno	Jardinagem
TOTAL	5		

Tabela 30: Descrição Organização do Pessoal - Manutenção

Área Operacional

É a área responsável pelas ações gerais de produção do aterro, em campo, as atividades de terraplenagem, depósito de resíduos, cobertura do lixo, execução de drenos etc..

A mão-de-obra de manutenção do aterro está resumida na Tabela 31 que se segue, que estipula os cargos necessários na estrutura, o dimensionamento quantitativo dos funcionários necessários em cada função e uma descrição das atribuições de cada cargo.

Cargo	Quant.	Período	Função
Encarregado de Aterro	1	Diurno	execução e Manutenção das obras de campo
	1	Noturno	
Motorista	4	Diurno	serviços gerais - diurno
Operador de máquina	4	Diurno	compactação de resíduos
	2	Noturno	
Servente (ponta de aterro)	1	Diurno	sinalização para descarga de lixo - diurna
	1	Noturno	
TOTAL	14		

Tabela 31: Descrição Mão de Obra - Operacional

Área de Controle Ambiental

Responsável pelas ações gerais de controle do impacto ambiental do aterro no meio ambiente, buscando aferir a todo instante como estão, em relação às normas, os impactos do aterro nos corpos receptores, na atmosfera etc..

A mão-de-obra de controle ambiental do aterro está resumida na Tabela 32 que se segue, que estipula os cargos necessários na estrutura, o dimensionamento

quantitativo dos funcionários necessários em cada função e uma descrição das atribuições de cada cargo.

Cargo	Quant.	Período	Função
Técnico	1	Diurno	controle das coletas de chorume, gás, águas superficiais e subterrâneas etc.
Terceiros	de acordo com a necessidade	Diurno	prestação de serviços de análises físico-químicas

Tabela 32: Descrição mão de obra – Controle Ambiental

O quadro a seguir, indica o número total de funcionários a ser alocado no aterro sanitário

Área de Atuação	Quantidade
Mão-de-Obra Técnica	3
Mão-de-Obra Administrativa	13
Mão-de-Obra de Manutenção	5
Mão-de-Obra Operacional	14
Mão-de-Obra de Controle Ambiental	2
TOTAL	37

Tabela 33: Mão de Obra Total Alocada no Aterro

9.4. DESCRIÇÃO DE FUNÇÕES/ESPECIFICAÇÕES DE MÃO-DE-OBRA

Engenheiro de Campo - Incumbido de programar, orientar e efetivar a execução de todas as atividades previstas em projeto. O engenheiro deve exercer autoridade sobre os demais elementos, em todos os assuntos e atividades pertinentes à execução das obras.

Encarregado Geral - O encarregado deve receber todas as informações e instruções de campo e ordenar os operadores para a execução das obras.

Auxiliar Administrativo - Elemento para execução de serviços administrativos relativos à organização dos arquivos de dados referentes de pessoal, equipamentos, horas trabalhadas, quantidade de resíduos dispostos etc..

Técnico de Segurança - Elemento incumbido de realizar a fiscalização, vistoria e liberação dos caminhões de resíduos, antes que os mesmos se encaminhem ao sistema de pesagem. É um elemento que deve ser treinado e instruído, com vistas a não permitir que determinados tipos de resíduos e/ou firmas não autorizadas adentrem ao sistema.

Vigilantes - Elementos devidamente treinados e capacitados para exercer a função de vigilância, para cobrir 24 horas por dia, impedindo o acesso de pessoas estranhas ao local de trabalho, garantindo tranquilidade, segurança e o andamento normal dos serviços.

Balanceiro - Elemento incumbido de efetuar a pesagem e todas as anotações previstas em planilha apropriadas (dados qualitativos, origem, tipo de resíduo, nº do veículo, local de dispersão etc.) além de anotar todas as informações eventuais que se fizerem necessárias. O balanceiro, no momento da liberação do caminhão, deve indicar ao motorista o local de descarga previamente determinado pelo encarregado.

Sinalizador - Elemento com função de ordenar/orientar os motoristas dos caminhões de lixo, a descarregarem em local designado pelo encarregado. Em caso de ocorrência de picos de fluxo de caminhões, deve também exercer autoridade sobre os motoristas.

Operador de Trator de Esteira - Elemento com experiência e prática para operar trator de esteira tipo D4, com função de compactação e cobertura dos resíduos, além de preparar acessos e outros serviços gerais pertinentes à máquina.

Operador de Retroescavadeira - Elemento com experiência e prática para operar retroescavadeira, com a função de realizar serviços de carregamento de caminhão (lixo, terra, entulho), abertura de valas, preenchimento de drenos e outros serviços pertinentes à máquina.

Motorista de Caminhão Basculante - Elemento com experiência e prática na condução de caminhão basculante, para efetuar serviços gerais de transporte de terra, entulho, lixo etc..

Serventes/Serviços Gerais - Elementos para execução de serviços diversos, tais como: instalação de mantas geotêxteis, na confecção da drenagem de percolados, compactação de valas, manutenção de taludes, serviços gerais de manutenção e acabamento. Utilização eventual para catação de papéis e plásticos na frente de serviço pela ação do vento, e outros serviços pertinentes.

Auxiliar/Serviços de Apoio - Elementos para execução de serviços gerais de limpeza das instalações administrativas.

Técnico de Monitoramento – Análises de qualidade das águas superficial, subterrânea.

Topógrafo – Controle das frentes de descarga e monitoramento geotécnico do aterro.

9.5. *FREQÜÊNCIA E HORÁRIO DE RECEBIMENTO*

O esquema de funcionamento do aterro sanitário será de 26 dias ao mês, significando assim trabalhos de deposição das 2as. feiras até o sábado. O regime de trabalho será em dois turnos (diurno e noturno), com uma jornada de trabalho conforme os períodos de trabalho descritos a seguir. Aos domingos, prevê-se um plantão para disposição emergencial.

Expediente	Turno (horas)	
	Diurno	Noturno
Início	07:00	19:00
Refeição	11:00 – 12:00	23:00 – 24:00
Final	15:20	02:47

Tabela 34: Turnos

9.6. PLANO DE CONTROLE DO RECEBIMENTO DE RESÍDUOS

Para o recebimento de resíduos levar – se à em conta aspectos quantitativos (peso) e qualitativos (tipo), devendo-se implementar um controle dos resíduos que serão dispostos.

O controle de peso será feito mediante a pesagem dos caminhões ao adentrarem e ao saírem do aterro.

A CGR Oásis será implantada para receber resíduos sólidos domiciliares, comerciais e industriais, desde que estes apresentem características domiciliares, resíduos de varrição de vias e logradouros públicos, além de resíduos de construção civil.

No caso dos resíduos oriundos da coleta regular, os fiscais acompanharão o descarregamento dos caminhões e farão a avaliação visual do tipo de resíduos que está sendo descarregado.

Os resíduos sólidos de origem industrial serão identificados por meio do CADRI – Certificado de Aprovação de Disposição de Resíduos Industrial, emitido pela CETESB – Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Haverá uma observação visual da carga da empresa por técnico da empresa. Esses técnicos farão testes rápidos para

avaliação dos resíduos como, medição de pH, umidade, verificação da presença de peças com aspectos diferenciados bem como de odores pronunciados.

Em caso de dúvida quanto à conformidade do resíduo a ser disposto no aterro e seu respectivo CADRI, poderão ser efetuados ensaios mais específicos, nos quais serão utilizados os critérios e procedimentos preconizados nas NBR's 10.007, 10.005 e 10.006, que se referem à Amostragem de Resíduos, Testes de Lixiviação e de Solubilização, respectivamente.

Não será autorizado a disposição de nenhum resíduo em discordância com seu CADRI. Caso o mesmo já tenha sido descarregado já tenha sido descarregado, este deverá ser removido e conduzido, pela empresa responsável, para fora das dependências da CGR Oásis.

Somente serão aceitos resíduos que tenham compatibilidade entre si, embora, não sejam esperadas reações intensas entre os mesmos pelas características dos resíduos que serão depositados no aterro (Classe II A e II B – não perigosos e inertes).

Dessa forma, será possível determinar a quantidade de lixo que foi depositada. De maneira geral, pode-se dizer que o controle quali-quantitativo está diretamente relacionado ao volume e à qualidade dos resíduos gerados, caracterizado, sobretudo, pela composição física dos mesmos, associada ao percentual de cada um dos elementos descartados pela população durante a sua rotina diária.

10. PLANO DE MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO CONTROLE OPERACIONAL DA CGR OÁSIS

Do ponto de vista ambiental, o aterro será monitorado quanto à qualidade das águas e superfície e de sub - superfície, para tal será instalados 8 poços de monitoramento, para coleta de amostras de água, como indicado na Planta 14.

Destes poços, 2 sendo de montante, 2 poços de nível e 3 a jusante. Adicionalmente será determinado ponto de coleta de amostras de água de superfície.

Nos poços e no ponto de superfície serão coletadas amostras, com frequência trimestral, e analisados os vários parâmetros, que permitem caracterizar a qualidade das águas.

Os resultados serão apresentados em gráficos, correlacionando o valor determinado com o tempo e pluviometria. A cada campanha de coleta de amostras e análise, será emitido relatório com interpretação das mesmas.

10.1.1. Monitoramento Geotécnico

O monitoramento do comportamento geotécnico de um maciço de resíduos sólidos é efetuado principalmente através da leitura de instrumentos instalados composto por:

- Marcos superficiais para medidas de deslocamentos horizontais e verticais;
- Piezômetros para medições de sobrepressões neutras de líquido percolado e de gás;
- Vertedores instalados nas caixas de captação/bombeamento para medições das vazões de líquidos percolados.

Estas informações, associadas à inspeção periódica do maciço, permitem subsidiar os estudos de avaliação da estabilidade mecânica, a eficiência da drenagem subterrânea e o adensamento dos resíduos confinados.

Visitas de rotina ao aterro devem ser realizadas semanalmente, de modo que possam ser percebidos, visualmente, comportamentos localizados diferenciados/anômalos, tais como fissuras na camada de cobertura ou inversões de caimento/declividade nos sistemas de drenagem.

Tais visitas são realizadas por profissionais habilitados que inspecionam bermas, caminhos, elementos de drenagem e instrumentos de leitura de modo a observar sinais de comportamento anômalos tais como:

- Movimentação do talude que se manifesta através da abertura de fissuras e trincas na cobertura das células, pavimentos, canaletas, guias, empoçamentos, etc;
- Ocorrência de erosões na camada de cobertura das células que podem expor o resíduo;
- Comprometimento da integridade dos dispositivos de drenagem de efluentes, afluentes e de gases;
- Existência de chorume nos taludes ou no sistema de drenagem superficial.

Caso tais constatações sejam observadas, estas deverão ser registradas, fotografadas e devidamente analisadas para que sejam tomadas medidas de intervenção adequadas ou para que sejam instalados instrumentos de medição para monitoramentos específicos.

Para análise dos resultados do monitoramento, a pluviometria e as demais condições climáticas serão monitoradas diariamente, devido à sua importância para a análise do comportamento geotécnico e ambiental do maciço do aterro. A implantação de uma mini-estação meteorológica é sugerida.

10.1.2. Monitoramento Ambiental

10.1.2.1. Águas Subterrâneas

O monitoramento das águas subterrâneas deve ser realizado através de poços instalados no entorno do aterro, e tem como objetivo acusar a influência de uma determinada fonte de poluição na qualidade da água subterrânea. As amostragens são realizadas trimestralmente no conjunto de poços distribuídos no entorno da área de disposição dos resíduos, de modo a oferecer subsídios para diagnósticos da situação do lençol freático.

Levando-se em consideração os resultados das análises das águas dos poços de monitoramento pode-se verificar a existência, ou não, de indícios de contaminação das águas subterrâneas devido ao maciço.

10.1.2.2. Águas Superficiais

O monitoramento das águas superficiais visa analisar amostras de água coletadas a montante e a jusante do corpo de água, de modo a averiguar as eventuais alterações da qualidade do corpo de água, considerando o seu enquadramento em relação ao que determina a Resolução CONAMA 396 de 2008, devido ao lançamento das águas captadas da área do maciço nos corpos de água receptores no entorno do Aterro.

Tais alterações podem se dar devido à percolação de efluentes ou contribuição do lençol subterrâneo, caso este se apresente contaminado, ou pelo escoamento de águas superficiais que passam (lavam) sobre o maciço e sofreriam contaminação.

Essas análises devem comprovar que as águas superficiais coletadas atendem aos limites de lançamento e são compatíveis com o enquadramento do corpo de água em que ocorre o lançamento.

10.1.2.3. *Revegetação*

A área onde deverá ser implementada a central de resíduos é hoje uma área essencialmente agrícola. A presença da central permitirá que uma área de 112.500 m² seja revegetada com espécies naturais da região, o que corresponde a 23,4 % de toda área do empreendimento (Planta 15, Revegetação, em anexo II). Além disso, existe uma área de proteção permanente (APP) de 6.800 m², ao sul do aterro e no entorno da nascente e do Rio Piracicaba, que deverá ser preservada.

11. DESATIVAÇÃO E USO FUTURO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

Apresentamos a seguir plano de encerramento ora preconizado para a CGR Oásis, deve se esclarecer, todavia, que um plano de encerramento conforme preconizado na norma técnica brasileira NBR 13.896 – Aterros de Resíduos não Perigosos – Critérios de projeto, implantação e operação, da ABNT, estende-se para aterros de resíduos perigosos de uma forma geral. No caso de resíduos Classe II B, inertes, definida, solução técnica e geométrica do aterro, é imediata a caracterização da situação com que tal empreendimento irá se conformar a época de fechamento, bem como a definição da data de encerramento das atividades de disposição final, mediante uma demanda definida.

Procuramos apresentar a seguir o conceito do plano de fechamento da CGR Oásis, entretanto, salientando que, considerando que ao mesmo deve-se associar o uso futuro pretendido, preconizado para futuro parque apresentado no Anexo II, o usufruto seguro e responsável somente se dará uma vez estabilizadas as gerações de efluentes e ações já ressaltadas, sendo que, ademais, esse plano de fechamento deverá ser revalidado à época devida, considerando o levantamento e condições e apelos efetivamente existentes no entorno, nesse período.

Acrescenta-se a isso o fato de que, ao longo do período previsto de operação da CGR Oásis, com mais de 10 anos, muitos processos, ações e tecnologias associados à gestão de resíduos sólidos deverão se consolidar, podendo advir à ideal redução dos resíduos finais dispostos em função da maturação e efetividade de trabalhos e coleta seletiva e triagem, a alteração da matriz de composição, da qual, conseqüentemente, poderá auferir sobrevida de utilização à capacidade inerente ao empreendimento.

O conceito de plano de encerramento ora apresentado constitui-se de atividades de fechamento propriamente dito, de manutenção e monitoramento, e de reintegração ambiental do aterro com o entorno visando o usufruto, dentro das premissas atuais previstas de constituição de futuro parque, uma vez encerrados os primordiais serviços de disposição final.

O plano de encerramento da CGR Oásis tem início, na verdade, com as atividades da própria construção e operação da mesma. A cada etapa, os taludes definitivos serão sempre submetidos à implantação de serviços de proteção superficial com grama e revegetação densa, garantindo a sua reintegração já nesses instantes.

A cada etapa de serviços serão implantados todos os instrumentos que darão a conotação de constituição final do empreendimento a cada trecho, como drenagens de águas de chuvas, tratamento de efluentes líquidos, captação e queima de gases, acessos pavimentados, dentre outros. Assim a finalização seqüencial de cada etapa acabará por constituir as principais atividades e configurações cumulativas até o encerramento definitivo dos serviços de disposição final.

A seqüência de atividades previamente previstas pode ser a seguir resumida:

- Implantação da “última” célula – quando da última célula dar-se-à a complementação dos serviços e fechamento superficial e de conformação, em continuidade com as atividades que já estarão executadas nas etapas anteriores, sempre garantindo, também nessa posição, acessos de manutenção e instrumentos de monitoramento.
- Recomposição paisagística - a recomposição paisagística do local, em realidade, será materializada a cada etapa de fechamento das várias etapas definidas constituintes do aterro sanitário, mediante a geometria estabelecida em projetos. A constituição da faixa de proteção em torno do aterro, integrado à área de plantio nas demais superfícies, garantirá, a integridade à paisagem do entorno.
- Cobertura vegetal – após o cobrimento de superfícies remanescentes deverá ser promovidos o plantio de grama adicional ao já implementado, com fim de evitar processos erosivos nesses locais.
- Uso futuro da área - o uso da área deverá ser detalhado no período do fechamento da CGR Oásis, porém pode-se visualizar na planta, o lay-out do futuro parque dotados de equipamentos de lazer e de apoio à comunidade.

- Cobertura final e de impermeabilização – a cobertura final na posição das superfícies de encerramento será consubstanciada na imposição de camadas de solo compactado com espessura mínima de 60 centímetros, após a implantação continuada dos sistemas internos de drenagem de gases, líquidos e de captação de águas pluviais, constituindo sistema de impermeabilização dessas áreas remanescentes.
- Sistema de segurança – a garantia de controle da segurança na CGR Oásis deverá ser mantida e adequadamente dimensionada, de maneira a resguardar a gleba do empreendimento, o patrimônio e a infra- estrutura ali instalados.
- Todas as estruturas instaladas deverão contar com serviços de manutenção de suas edificações, equipamentos e infra – estrutura, visando garantir a sua funcionalidade durante o período de manutenção da CGR Oásis.
- Retirada de equipamentos – nessa etapa de encerramento, cessadas as ações de disposição final de resíduos, parte dos equipamentos mobilizados poderão ser retirados, entretanto, devendo-se manter no local todos aqueles fundamentais para a execução dos serviços de manutenção de acessos, drenagens, replantio, etc.
- Desmobilização da mão de obra – encerrada a operação de recebimento e disposição final de resíduos, parte da mão de obra deverá ser desmobilizada, mantendo – se as equipes necessárias para os serviços continuados de manutenção.
- Demolição e limpeza de áreas – normalmente a desmobilização de empreendimentos fica sujeitos a serviços de demolição e limpeza das áreas de intervenção. Neste caso, a maior parte, senão a totalidade das instalações fixas de infra-estrutura deverá ser mantida, eventualmente com outros usos externos.
- Independentemente do uso futuro da área e da data prevista para o encerramento das atividades, todos os sistemas de controle ambiental do entorno, atendendo plenamente aos períodos definidos pelo órgão de controle

ambiental, a legislação vigente e as especificidades dos itens monitorados em relação ao comportamento e composição ao longo do tempo (vazões e composição de efluentes gasosos e líquidos, consolidação geotécnica do maciço, dentre outros.

12. CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO

Segue abaixo planilhas com custos para a 1º e 2º etapa para a Vida Útil de 2,5 anos (Tabela 35) e para a Vida útil total da CGR Oásis (Tabela 36) chamado de Lay out final da CGR Oásis.

CGR PIRACICABA
 PROJETO: EIA-RIMA ATERRO SANITÁRIO
 OBJETO: QUANTITATIVO DO ATERRO SANITÁRIO
 1ª E 2ª ETAPAS: VIDA ÚTIL DE 2,5 ANOS

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE TOTAL	Valor Unitário	Valor Total
1	IMPLANTAÇÃO				R\$ 8.252.522,28
1.1	ACESSOS				160.828,00
1.1.1	Viário - Remoção da camada superficial (esp. média = 0,50m)	m³	15.500	3,42	53.010,00
1.1.2	Viário - Regularização da base (material terroso - esp média = 0,25m)	m³	7.750	7,84	60.760,00
1.1.3	Viário - Revestimento com cascalho (esp.=0,15m)	m³	4.650	10,12	47.058,00
1.2	SISTEMA DE PROTEÇÃO DA BASE				1.435.096,00
1.2.1	Manta de GCL (3,6 Kg/m²)	m²	55.196	26,00	1.435.096,00
1.3	TERRAPLENAGEM (ÁREA DO ATERRO)				840.590,99
1.3.1	Escavação (área do aterro)	m³	201.050	3,42	687.591,00
1.3.2	Dique	m³	12.500	6,27	78.375,00
1.3.3	Regularização da base (material terroso - esp. média = 0,40m)	m³	22.078	3,38	74.624,99
1.4	DRENO TESTEMUNHO				509.032,59
1.4.1	Areia grossa	m³	10.802	27,61	298.743,22
1.4.2	Manta de Geocomposto Drenante	m²	1.100	24,36	26.796,00
1.4.3	Manta de Geotêxtil não-tecido (200g/m²)	m²	55.196	3,00	165.588,00
1.4.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	325	37,41	12.158,25
1.4.5	Tubo de PEAD (Ø200mm)	m	100	36,68	3.668,00
1.4.6	Caixa de passagem	un.	4	644,78	2.579,12
1.5	SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE				1.281.209,55
1.5.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m²	55.196	19,45	1.073.562,20
1.5.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp.=0,60m)	m³	33.118	6,27	207.647,35
1.6	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES				1.776.984,05
1.6.1	Manta Geotêxtil não-tecido (200g/m²)	m²	55.196	3,00	165.588,00
1.6.2	Tapete drenante (brita 4 - esp média = 0,80m)	m³	44.157	33,15	1.463.797,92
1.6.3	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	1.536	37,41	57.461,76
1.6.4	Caixa de passagem (0,80 X 0,80m de alvenaria)	un.	4	644,78	2.579,12
1.6.5	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	825	106,13	87.557,25
1.7	DRENAGEM SUPERFICIAL				86.678,10
1.7.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80 x 0,70m)	m	2.430	35,67	86.678,10
1.8	INSTALAÇÕES DE APOIO (EDIFICAÇÕES) E INFRAESTRUTURA				467.103,00
1.8.1	Portaria	m²	139	450,00	62.469,00
1.8.2	Balança (64 Ton)	un.	1	72.000,00	72.000,00
1.8.3	Fiscalização e controle	m²	36	450,00	16.389,00
1.8.4	Administração / Vestiário / Refeitório	m²	241	450,00	108.468,00
1.8.5	Garagem	m²	209	450,00	94.090,50
1.8.6	Oficina	m²	209	450,00	94.090,50
1.8.7	Cerca (arame farpado e mourão a cada 5,0m)	m²	3.550	5,52	19.596,00
1.9	ESTACÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES - ETE				945.000,00
1.9.1	Implantação da ETE	vb	1	945.000,00	945.000,00
1.10	CENTRAL DE TRIAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL				750.000,00
1.10.1	Implantação da triagem de RCD's	vb	1	750.000,00	750.000,00
2	OPERAÇÃO (2,5 ANOS)				R\$ 3.712.266,10
2.1	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS				2.230.404,30
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton	420.831	5,30	2.230.404,30
2.2	COBERTURA DO ATERRO				328.627,78
2.2.1	Camada de cobertura diária (material terroso - esp média = 0,30m)	m³	16.109	6,27	101.005,94
2.2.2	Camada de cobertura final (material terroso - esp média = 0,60m)	m³	32.707	6,27	205.072,64
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m²	10.488	2,15	22.549,20
2.3	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES				32.877,81
2.3.1	Drenagem de célula de rachão	m³	45	30,16	1.357,20
2.3.2	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	297	106,13	31.520,61
2.4	DRENAGEM SUPERFICIAL				109.785,28
2.4.1	Canaleta de berna (bica-corrida)	m³	84	65,50	5.502,00
2.4.2	Descida d'água em Geocélula	m²	180	563,08	101.354,40
2.4.3	Caixa de passagem (de alvenaria 1,50 x 1,50 x 1,50m)	un.	2	644,78	1.470,10
2.4.4	Caixa de dissipação (de alvenaria 1,50 x 1,50 x 1,50m)	un.	1	644,78	644,78
2.4.5	Caixa de dissipação - caixa de enrocamento (brita de Ø0,30m)	m³	1	26,52	25,46
2.4.6	Tubo de concreto (Ø0,70m)	m	5	164,28	788,54
2.5	MONITORAMENTO				322.662,65
2.5.1	Poços de Monitoramento	m	25	425,65	10.641,25
2.5.2	Marcos Superficiais	un.	4	85,00	377,40
2.5.3	Piezômetros	m	25	165,76	4.144,00
2.5.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8h/dia)	mês	30	4.250,00	127.500,00
2.5.6	Monitoramento geotécnico	mês	30	6.000,00	180.000,00
2.6	REVEGETAÇÃO / PAISAGISMO				117.908,28
2.6.1	Revegetação (cortina arbórea)	m²	17.892	6,59	117.908,28
2.7	TRATAMENTO DE EFLUENTES				315.000,00
2.7.1	Operação da ETE	mês	30	10.500,00	315.000,00
2.8	TRIAGEM DE RCD'S				255.000,00
2.8.1	Operação da central de triagem de RCD's	mês	30	8.500,00	255.000,00
SUB TOTAL GERAL					R\$ 11.964.788,38
BDI: 30%					R\$ 3.589.436,51
TOTAL GERAL					R\$ 15.554.224,90
TON DE RESÍDUOS					420.831
CUSTO POR TON DE RESÍDUOS					R\$ 36,96

Tabela 35 – Planilha com Custos para 1º e 2º Etapa (Vida Útil 2,5 anos)

CGR PIRACICABA
 PROJETO: EIA-RIMA ATERRO SANITÁRIO
 OBJETO: QUANTITATIVO DO ATERRO SANITÁRIO
 LAYOUT FINAL

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE TOTAL	Valor Unitário	Valor Total
1 IMPLANTAÇÃO					R\$ 27.923.510,60
1.1 ACESSOS					160.828,00
1.1.1	Viário - Remoção da camada superficial (esp. média = 0,50m)	m³	15.500	3,42	53.010,00
1.1.2	Viário - Regularização da base (material terroso - esp média = 0,25m)	m³	7.750	7,84	60.760,00
1.1.3	Viário - Revestimento com cascalho (esp.=0,15m)	m³	4.650	10,12	47.058,00
1.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO DA BASE					6.487.000,00
1.2.1	Manta de GCL (3,6 Kg/m²)	m²	249.500	26,00	6.487.000,00
1.3 TERRAPLENAGEM (ÁREA DO ATERRO)					3.599.441,00
1.3.1	Escavação (área do aterro)	m³	932.500	3,42	3.189.150,00
1.3.2	Dique	m³	12.500	6,27	78.375,00
1.3.3	Regularização da base (material terroso - esp. média = 0,40m)	m³	98.200	3,38	331.916,00
1.4 DRENO TESTEMUNHO					2.244.356,37
1.4.1	Areia grossa	m³	49.100	27,61	1.355.651,00
1.4.2	Manta de Geocomposto Drenante	m²	5.000	24,36	121.800,00
1.4.3	Manta de Geotêxtil não-tecido (200g/m²)	m²	249.500	3,00	748.500,00
1.4.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	325	37,41	12.158,25
1.4.5	Tubo de PEAD (Ø200mm)	m	100	36,68	3.668,00
1.4.6	Caixa de passagem	un.	4	644,78	2.579,12
1.5 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE					5.776.346,00
1.5.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m²	249.500	19,45	4.852.775,00
1.5.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp.=0,60m)	m³	147.300	6,27	923.571,00
1.6 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES					7.406.758,13
1.6.1	Manta Geotêxtil não-tecido (200g/m²)	m²	249.500	3,00	748.500,00
1.6.2	Tapete drenante (brita 4 - esp média = 0,80m)	m³	196.400	33,15	6.510.660,00
1.6.3	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	1.536	37,41	57.461,76
1.6.4	Caixa de passagem (0,80 X 0,80m de alvenaria)	un.	4	644,78	2.579,12
1.6.5	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	825	106,13	87.557,25
1.7 DRENAGEM SUPERFICIAL					86.678,10
1.7.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80 x 0,70m)	m	2.430	35,67	86.678,10
1.8 INSTALAÇÕES DE APOIO (EDIFICAÇÕES) E INFRAESTRUTURA					467.103,00
1.8.1	Portaria	m²	139	450,00	62.469,00
1.8.2	Balança (64 Ton)	un.	1	72.000,00	72.000,00
1.8.3	Fiscalização e controle	m²	36	450,00	16.389,00
1.8.4	Administração / Vestiário / Refeitório	m²	241	450,00	108.468,00
1.8.5	Garagem	m²	209	450,00	94.090,50
1.8.6	Oficina	m²	209	450,00	94.090,50
1.8.7	Cerca (arame farpado e mourão a cada 5,0m)	m²	3.550	5,52	19.596,00
1.9 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFUENTES - ETE					945.000,00
1.9.1	Implantação da ETE	vb	1	945.000,00	945.000,00
1.10 CENTRAL DE TRIAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL					750.000,00
1.10.1	Implantação da triagem de RCD's	vb	1	750.000,00	750.000,00
2 OPERAÇÃO					R\$ 30.025.027,33
2.1 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS					17.967.159,00
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton	3.390.030	5,30	17.967.159,00
2.2 COBERTURA DO ATERRO					2.738.564,81
2.2.1	Camada de cobertura diária (material terroso - esp média = 0,30m)	m³	134.245	6,27	841.716,15
2.2.2	Camada de cobertura final (material terroso - esp média = 0,60m)	m³	272.558	6,27	1.708.938,66
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m²	87.400	2,15	187.910,00
2.3 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES					273.227,75
2.3.1	Drenagem de célula de rachão	m³	350	30,16	10.556,00
2.3.2	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	2.475	106,13	262.671,75
2.4 DRENAGEM SUPERFICIAL					911.438,52
2.4.1	Canaleta de berna (bica-corrida)	m³	700	65,50	45.850,00
2.4.2	Descida d' água em Geocélula	m²	1.500	563,08	844.620,00
2.4.3	Caixa de passagem (de alvenaria 1,50 x 1,50 x 1,50m)	un.	19	644,78	12.250,82
2.4.4	Caixa de dissipação (de alvenaria 1,50 x 1,50 x 1,50m)	un.	3	644,78	1.934,34
2.4.5	Caixa de dissipação - caixa de enrocamento (brita de Ø0,30m)	m³	8	26,52	212,16
2.4.6	Tubo de concreto (Ø0,70m)	m	40	164,28	6.571,20
2.5 MONITORAMENTO					2.592.068,25
2.5.1	Poços de Monitoramento	m	225	425,65	95.771,25
2.5.2	Marcos Superficiais	un.	37	85,00	3.145,00
2.5.3	Piezômetros	m	200	165,76	33.152,00
2.5.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8h/dia)	mês	240	4.250,00	1.020.000,00
2.5.6	Monitoramento geotécnico	mês	240	6.000,00	1.440.000,00
2.6 REVEGETAÇÃO / PAISAGISMO					982.569,00
2.6.1	Revegetação (cortina arbórea)	m²	149.100	6,59	982.569,00
2.7 TRATAMENTO DE EFLUENTES					2.520.000,00
2.7.1	Operação da ETE	mês	240	10.500,00	2.520.000,00
2.8 TRIAGEM DE RCD'S					2.040.000,00
2.8.1	Operação da central de triagem de RCD's	mês	240	8.500,00	2.040.000,00
SUB TOTAL GERAL					R\$ 57.948.537,93
BDI: 30%					R\$ 17.384.561,38
TOTAL GERAL					R\$ 75.333.099,31
TON DE RESÍDUOS					3.390.030
CUSTO POR TON DE RESÍDUOS					R\$ 22,22

Tabela 36 - Planilha com Custos para todo Período Empreendimento