

Local do Empreendimento.

- **Projeto Executivo Do Aterro Sanitário De Limeira.**

VOLUME I

VOLUME I

Índice

1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	08
2. NORMAS TÉCNICAS PERTINENTES	12
3. CLASSIFICAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS RESÍDUOS	13
4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA GLEBA	20
4.1. CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA	20
4.1.1. Caracterização do uso e ocupação do solo no entrono	22
5. ELEMENTOS DO PROJETO	23
5.1. DEFINIÇÃO DA CONFORMAÇÃO GEOMÉTRICA DO ATERRO	23
5.2. FUNDAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO – CAPACIDADE DE SUPORTE DO ATERRO	27
5.2.1. Sondagens de Simples Reconhecimento	27
5.2.2. Investigações Geotécnicas	32
5.3. FORMAÇÃO DAS CAMADAS DE CÉLULAS	40
5.4. DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE GEOTÉCNICA	41
5.5. ESTUDO DE ESTABILIDADE	42
5.6. AVALIAÇÃO DE RECALQUES	47
5.7. DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	48
5.8. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE	48
5.9. SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E PERCOLADOS	50
5.10. SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	51
5.11. COBERTURA FINAL DO ATERRO	52
5.12. TRATAMENTO DOS LÍQUIDOS PERCOLADOS	53
5.12.1. Características do Percolado	53
5.12.2. Tratamento do líquido percolado e proposta para o sistema	54
5.12.3. Concepção preliminar da estação de tratamento de chorume – ETC	55
5.13. FECHAMENTO E SEGURANÇA DA ÁREA	58
5.14. DEFINIÇÃO DAS JAZIDAS DE MATERIAL DE EMPRESTIMO	58

6. <i>MEMORIAL DE CÁLCULO</i>	59
6.1.1. Sistema de impermeabilização	59
6.1.1.1. Verificação da espessura da manta de PEAD	59
6.1.1.2. Verificação do fator de segurança no trecho inclinado	60
6.2. SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E PERCOLADOS	61
6.3. SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	65
6.3.1. Intensidade de chuva crítica	65
6.3.2. Projeto hidráulico dos elementos de drenagem superficial	69
6.3.3. Resumo do dimensionamento do sistema de drenagem	76
7. <i>CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS E DAS OBRAS</i>	77
7.1. ATERRO DE REGULARIZAÇÃO DE BASE E DO DIQUE DE DISPARO	77
7.2. GEOCOMPOSTO IMPERMEABILIZANTE – GCL	79
7.3. GEOCOMPOSTO DRENANTE	80
7.4. GEOTÊXTIL NÃO-TECIDO	81
7.5. GEOMEMBRANA DE PEAD	82
7.6. ATERRO DE PROTEÇÃO TERMO-MECÂNICA DA GEOMEMBRANA	83
7.6.1. Características do solo para utilização como aterro de proteção termo-mecânica	83
7.6.2. Compactação do aterro de proteção termo-mecânica	83
8. <i>DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS OPERACIONAIS DO ATERRO SANITÁRIO</i>	85
8.1.1. Acessos, iluminação e isolamento da área do aterro	85
8.1.2. Recebimento e pesagem dos resíduos	86
8.2. INFRA-ESTRUTURA DE APOIO DO ATERRO	87
8.3. ESTIMATIVAS DE MÃO DE OBRA PARA OPERAÇÃO E	
8.4. MANUTENÇÃO DO ATERRO	87
8.5. DESCRIÇÃO DE FUNÇÕES/ESPECIFICAÇÕES DE MÃO DE OBRA	92
8.6. FREQUÊNCIA E HORÁRIO DE RECEBIMENTO	94

8.7. PLANO DE CONTROLE DO RECEBIMENTO DE RESÍDUOS	96
9. PLANO DE MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO – CONTROLE OPERACIONAL	97
9.1.1. Monitoramento Geotécnico	97
9.1.2. Monitoramento Ambiental	98
9.1.2.1. Águas Subterrâneas	98
9.1.2.2. Águas Superficiais	99
9.1.2.3. Revegetação	99
10. DESATIVAÇÃO E USO FUTURO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO	100
11. CUSTOS TOTAIS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO	104

Índice de Tabelas e Figuras

<i>FIGURA 1 – Área do empreendimento próxima a rodovia com característica rural</i>	<i>09</i>
<i>FIGURA 2 – Acessos Locais</i>	<i>10</i>
<i>FIGURA 3 – Foto aérea mostrando a estrutura do aterro</i>	<i>11</i>
<i>TABELA 1 – Avaliação da demanda de destinação final de resíduos urbanos gerados no município de Limeira</i>	<i>14</i>
<i>FIGURA 4 – Levantamento Topográfico</i>	<i>21</i>
<i>FIGURA 5 – Lay-Out geral do aterro</i>	<i>24</i>
<i>TABELA 2 – Estimativa de vida útil do empreendimento</i>	<i>25</i>
<i>FIGURA 6 – Etapas de execução de escavação</i>	<i>26</i>
<i>TABELA 3 – Estimativa de permeabilidade in situ a partir de ensaios de infiltração</i>	<i>28</i>
<i>TABELA 4 – Resumo das características geotécnicas dos solos superficiais locais a partir de amostras de solo</i>	<i>34</i>
<i>TABELA 5 – Resultados dos ensaios de compactação e permeabilidade das amostras misturadas com bentonita</i>	<i>37</i>
<i>TABELA 6 – Parâmetros de resistência adotados para os estudos de estabilidade</i>	<i>43</i>
<i>TABELA 7 – Fatores de segurança para as seções de estabilidade estudadas</i>	<i>43</i>
<i>FIGURA 7 – Análise de estabilidade da Seção 01</i>	<i>44</i>
<i>FIGURA 8 – Análise de estabilidade da Seção 02</i>	<i>45</i>
<i>FIGURA 9 – Análise de estabilidade da Seção 03</i>	<i>46</i>
<i>FIGURA 10 – Análise de estabilidade da Seção 04</i>	<i>46</i>
<i>FIGURA 11 – Sistema de impermeabilização de base para o Aterro Sanitário de Limeira</i>	<i>48</i>
<i>FIGURA 12 – Fluxograma do processo de tratamento da ETE</i>	<i>57</i>
<i>FIGURA 13 – Modelo para cálculo da espessura da manta de PEAD</i>	<i>59</i>

<i>TABELA 8 – Verificação da espessura da manta de PEAD</i>	60
<i>FIGURA 14 – Diagrama dos esforços de tração aplicados na manta de PEAD</i>	61
<i>TABELA 9 – Verificação do fator de segurança para instalação da manta de PEAD</i>	61
<i>TABELA 10 – Condutividade hidráulica para materiais drenantes</i>	62
<i>TABELA 11 – Valores de Rh (Raio Hidráulico) para britas</i>	63
<i>TABELA 12 – Dimensionamento dos drenos primários</i>	63
<i>TABELA 13 – Dimensionamento hidráulico do tubo principal</i>	64
<i>TABELA 14 – Dimensionamento da lagoa de contenção de chorume</i>	65
<i>TABELA 15 – Coeficiente de escoamento superficial</i>	68
<i>TABELA 16 – Quantificação das vazões pelo método tradicional</i>	68
<i>TABELA 17 – Velocidade máxima de escoamento</i>	70
<i>TABELA 18 – Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de berma</i>	71
<i>TABELA 19 – Memorial de cálculo do dimensionamento das descidas d'água em geocélula</i>	72
<i>TABELA 20 – Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta provisória retangular de concreto no aterro</i>	74
<i>TABELA 21 – Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de contorno retangular de concreto no aterro</i>	75
<i>TABELA 22 – Caracterização dos elementos de drenagem</i>	76
<i>TABELA 23 – Especificações do Geocomposto Impermeabilizante</i>	79
<i>TABELA 24 – Especificações do Geocomposto Drenante</i>	80
<i>TABELA 25 – Especificações Geotêxtil não tecido</i>	81
<i>TABELA 26 – Especificações da Geomembrana de PEAD</i>	82
<i>TABELA 27 – Descrição da mão de obra</i>	88
<i>TABELA 28 – Descrição da mão de obra administrativa</i>	89
<i>TABELA 29 – Descrição da organização da manutenção</i>	90

<i>TABELA 30 – Descrição da mão de obra operacional</i>	<i>91</i>
<i>TABELA 31 – Descrição da mão de obra de Controle ambiental</i>	<i>91</i>
<i>TABELA 32 – Mão de obra total alocada no aterro</i>	<i>92</i>
<i>TABELA 33 – Turnos</i>	<i>94</i>
<i>TABELA 34 – Planilha com custos do empreendimento</i>	<i>104</i>

1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento objeto deste licenciamento ambiental será uma Central de Gerenciamento de Resíduos – Aterro Sanitário Municipal de Limeira a ser implantado e operado 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 Limeira – 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 Prefº Jurandir Paixão – SP 017, o acesso é se dá pelo Viaduto Grafite, com entroncamento com a Via Antonio Cruanes Filho pela face norte da rodovia, e pela Rua Paulo Cover, posteriormente seguindo pela Rua Paschoal Pádua, essa usada como acesso secundário para a Rodovia Estadual Anhanguera – SP 330.

O principal acesso e vista geral das rodovias existentes no entorno da área são ilustrados na Figura 2.



Figura 1 – Área do Empreendimento Próxima à Rodovia com Característica Rural.



Figura 2 – Acessos Locais.



Figura 3 – Foto aérea mostrando a estrutura do aterro.

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 – Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 RESÍDUOS

A Central de Gerenciamento de Resíduos – Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 ao Aterro Sanitário Municipal de Limeira considera, portanto, o montante de cerca de 11.870.423,25 toneladas de resíduos ao final de sua vida útil. 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 43 anos de operação.

RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO SANITÁRIO

MÊS/ANO	CLASSE II	CLASSE III	DOMICILIAR	HOSPITALAR	ENTULHOS	PODAS	CACARECO	TOTAL
ano 2000								
jan	2003,5	205,04	4592,8	30,9	4746,4	80	0	11658,64
fev	1475,6	220,1	4201,3	33,5	4012,8	109	0	10052,3
mar	2617,7	215,24	4248,8	36,8	3804,8	110	0	11033,34
abr	1198,2	204,98	3831,2	35,6	2681,6	235	0	8186,58
mai	3163,9	235,56	4098,39	36,32	4565,6	166	0	12265,77
jun	2873,5	228,84	3963,84	36,4	4734,4	194	0	12030,98
jul	3233,74	250,12	3984,84	36,1	5443,2	464	161,49	13573,49
ago	2452,9	268,2	4305,86	32,59	7524	246	159,83	14989,38
set	3682,33	253,12	4231,56	22,64	5320	256	85,51	13851,16
out	2493,8	243,46	4394,63	23	2352	306	100,37	9913,26
nov	3328,65	259,9	4222,34	22,1	4500	213	106,61	12652,6
dez	4907,47	230,76	4911,28	21,48	5784	232	130,62	16217,61
TOTAL	33431,29	2815,32	50986,84	367,43	55468,8	2611	744,43	146425,1

ano 2001								
jan	2633,1	240,42	4798,49	22,67	8648	248	114,94	16705,62
fev	1195,83	219,52	4048,84	19,72	7136	213	109,31	12942,22
mar	3815,52	240,42	4479,96	24,57	8872	268	115,55	17816,02
abr	2314,56	218,33	3952,33	22,77	7964	260	105,57	14837,56
mai	2976,15	278,36	4298,76	22,85	13368	271	15,31	21230,43
jun	2400,28	290	4144,41	23,35	11256	277	59,99	18451,03
jul	3102,36	260,14	4204,31	23,87	9868	263	75,71	17797,39
ago	2503,66	290,98	4331,61	25,2	8064	275	86,13	15576,58
set	2127,97	230,63	4014,97	21,7	8508	172	82,37	15157,64
out	2612,94	244,28	4564,82	25,19	12424	271	95,82	20238,05
nov	2438,82	262,09	4324,06	22,04	11272	132	92,1	18543,11
dez	2140,43	242,59	4657,55	21,12	10092	145	81,13	17379,82
TOTAL	30261,62	3017,76	51820,11	275,05	117472	2795	1033,93	206675,5

ano 2002

jan	3041,56	509,91	4720,39	20,49	14060	182	109,98	22644,33
fev	2798,43	382,04	4077,73	19,1	14696	153	119,03	22245,33
mar	2295,74	515,74	4246,46	21,1	19400	150	116,25	26745,29
abr	1927,18	369,53	4496,46	22,17	18856	79	100,21	25850,55
mai	247,98	361,54	4188,2	25,34	14936	77	91,07	19927,13
jun	3223,89	351,53	4311,57	20,06	13396	66	63,59	21432,64
jul	2436,63	758,37	4324,15	13,59	16076	83	79,14	23770,88
ago	2309,07	508,24	4460,56	29,74	12368	76	90,22	19841,83
set	2332,88	511,74	4198,54	20,99	13044	162	70,61	20340,76
out	2580,09	864,88	4547,33	22,22	16292	163	106,82	24576,34
nov	1944,08	891	4221,05	20,69	10832	121	73,06	18102,88
dez	2315,3	1160,53	4839,43	21,64	12388	164	82,28	20971,18
TOTAL	27452,83	7185,05	52631,87	257,13	176344	1476	1102,26	266449,1

ano 2003

jan	2245,02	602,4	4614,89	22,65	10072	109	102,56	17768,52
fev	3267,58	686,01	4050,3	19,69	12516	66	157,52	20763,1
mar	2778,46	510,78	4046,66	16,61	12284	97	111,34	19844,85
abr	2219,57	541,22	3979,57	19,95	10596	210	101,08	17667,39
mai	2343,66	576,04	4119,99	21	8924	501	84,21	16569,9
jun	1999,35	600,71	3852,05	18,48	8592	298	20	15380,59
jul	2558,38	515,75	3958,47	17	8440	311	44,58	15845,18
ago	2225,96	574,05	3692,57	19,8	8328	305	32,95	15178,33
set	1565,98	580,21	3955,92	17,75	8612	142	30,46	14904,32
out	2295,85	459,26	4088,06	18,02	10356	148	31,83	17397,02
nov	2338,13	557,74	3952,74	16,61	10540	113	20,78	17539
dez	2219,53	580,37	4947,62	18,06	12412	101	18,86	20297,44
TOTAL	28057,47	6784,54	49258,84	225,62	121672	2401	756,17	209155,6

ano 2004

jan	3041,39	314,59	4677,65	15	10996	131	50,24	19225,87
fev	3173,78	237,46	4060,02	16,58	10204	153	28,95	17873,79
mar	4408,82	277,28	4460,1	20,61	12964	151	35,98	22317,79
abr	2876,66	282,22	4143,61	17,2	14592	103	31,46	22046,15
mai	2937,42	268,95	4119,27	21,37	12535,2	89	28,98	20000,19
jun	2633,03	287,24	4360,64	16,5	13028	121	15,16	20461,57
jul	2514,01	240,16	4442,17	21,25	14160	100	17,81	21495,4
ago	3853,92	221,73	4313,17	21,35	14364	97	21,27	22892,44
set	2192,26	277,08	4310,61	20,91	13356	63	19,05	20238,91
out	2222,6	458,56	4246,1	20,37	12348	90	3,62	19389,25
nov	2369,16	490,46	4389,92	20,28	10396	69	0	17734,82
dez	2986,62	493,67	4371,44	20,31	12700	70	0	20642,04
TOTAL	35209,67	3849,4	51894,7	231,73	151643,2	1237	252,52	244318,2

ano 2005

jan	2637,56	257,65	5143,48	25,6	12418	0	138,21	20620,5
fev	3774,69	257,68	4186,14	19,77	12128	51	0	20417,28
mar	2237,74	211,49	4538,32	26,36	12671,88	397,75	104,01	20187,55
abr	5340,28	228,17	4150,31	22,79	10572	22	0	20335,55
mai	2939,22	238,56	4203,96	24,36	10128	12	0	17546,1
jun	2922,49	253,39	4070,05	22,8	10888	118	0	18274,73
jul	4269,99	236,87	4161,8	23,71	10488,8	157	0	19338,17
ago	3710,33	250,35	4509,55	26,05	11163,44	270	89,58	20019,3
set	3894,5	235,71	4271,07	24,46	12262,24	306	89,52	21083,5
out	3390,25	268,28	4553,28	24,86	10964,4	343	93,81	19637,88
nov	2716,85	276,66	4490,02	24,51	13872,4	131,88	94,71	21607,03
dez	4627,92	183,44	4861,35	23,91	12226,24	199,5	107,73	22230,09
TOTAL	42461,82	2898,25	53139,33	289,18	139783,4	2008,13	717,57	241297,7

ano 2006

jan	3757,17	216,64	5191	23,81	12504,96	141	94,32	21928,9
fev	2637,56	257,65	5143,48	25,6	12418,88	130	138,21	20751,38
mar	2086,72	206,21	4360,2	24,5	9467,7	669	109,24	16923,57
abr	2237,74	211,49	4538,32	26,36	12671,88	397,75	104,01	20187,55
mai	2314,07	280,32	4359,68	24,18	13237,83	104,91	480,52	20801,51
jun	2271	227,14	4534,52	26,49	11023,47	312,54	44,88	18440,04
jul	2179,59	203,51	4490,53	25,05	13442,81	231,27	82,06	20654,82
ago	2338,35	324,42	4680,88	27,01	13388,46	319,28	79,99	21158,39
set	1798,73	271,19	4549,28	25,51	12760,88	368,34	45,67	19819,6
out	1990,63	229,64	4713,35	27,48	15013,21	420,38	92,91	22487,6
nov	1564,4	211,05	4832,91	25,57	13269,69	1556	124,5	21584,12
dez	1757,55	200,88	4904,54	22,94	10046,32	1,87	104,38	17038,48
TOTAL	26933,51	2840,14	56298,69	304,5	149246,09	4652,34	1500,69	241776

ano 2007

jan	2129,47	199,23	5781,01	26,57	12559,68	1664	125,84	22485,8
fev	2099,24	193,67	5029,8	23,44	12419,22	1533	106,98	21405,35
mar	2395,21	183,85	4351,71	23,99	13666	936,4	141,69	21698,85
abr	2217,92	206,77	4788,68	25,75	15739,6	940	134,3	24053,02
mai	2358,59	202,48	4484,17	25,49	13756,16	844	77,99	21748,88
jun	2131,34	206,77	4586,89	25,34	18018,8	882	67,04	25918,18
jul	3518,2	109	4662,73	26,79	17184,08	840	79,09	26419,89
ago	2325,1	104,32	4545,66	27,72	14534,8	862	91,38	22490,98
set	2451,03	110,01	4730,35	28,73	14742,8	862	96,75	23021,67
out	2357,7	110,76	4791,13	27,05	12352,8	232,5	106,33	19978,27
nov	2428,55	155,21	4833,21	26,48	13225,2	258	101,55	21028,2
dez	2237,47	229,73	4863,11	29,76	12315,6	364	111,4	20151,07
TOTAL	23983,8	1626,86	47752,13	260,87	144973,94	9595,9	1027,39	229220,9

ano 2008

jan	2124,65	206,52	5440,35	31,32	11799,6	450	75,89	20128,33
fev	2205,85	192,47	5113,03	30,51	10581,6	495	129,29	18747,75
mar	1770,33	233,79	4709,86	29,65	12100	399	109,36	19351,99
abr	2109,12	296,08	4937,7	35,29	13124	453	129,64	21084,83
mai	1512,5	252,75	4616,24	31,57	11657,6	338	90,83	18499,49
jun	1874,5	305,38	5091,74	33,33	14296,4	392	102,58	22095,93
jul	1856,43	248,77	4474,74	31,17	14128,64	385	79,94	21204,69
ago	1922,67	331,8	4722,16	30,97	12576,8	387	80,76	20052,16
set	1775,92	239,75	4741,96	29,34	11819,2	278	66,85	18951,02
out	1434,67	261,56	4920,19	27,69	12119,2	243	106,57	19112,88
nov	1143,66	217,81	4931,7	26,66	11830	228	98,06	18475,89
dez	891,07	189,87	5342,66	28,95	14200,8	209	97,53	20959,88
TOTAL	20621,37	2976,55	59042,33	366,45	150233,84	4257	1167,3	238664,8

ano 2009

jan	2205,85	192,47	5113,03	30,51	10581,6	495	129,59	18748,05
fev	1079,15	167,89	4674,95	29,48	11810	249	100,31	18110,78
mar	1367,57	156	4767,67	30,44	11290,4	278	94,51	17984,59
abr	1474,22	128,25	4572,04	36,97	10842,4	226	68,93	17348,81
mai	1398,98	141,34	4675,14	39,78	9761,6	268	85,31	16370,15
jun	2169,89	121,47	4559,58	32,29	10108,8	220	79,7	17291,73
jul	2096,63	141,51	5005,64	46,14	10919,08	174	61,59	18444,59
ago	1623,02	154,06	5164,99	46,16	8620	150	105,52	15863,75
set	1105,91	136,95	4761,49	42,23	7555,6	191	86,29	13879,47
out	1334,63	157,16	5466,07	36,28	10193,2	211	110,55	17508,89
nov	1739,68	184,27	5418,08	39,36	8938,4	166	92,94	16578,73
dez	2527,45	198,8	5880,79	39,74	7971,6	180,4	127,14	16925,92
TOTAL	20122,98	1880,17	60059,47	449,38	118592,68	2808,4	1142,38	205055,5

Tabela 1: Avaliação da Demanda de Destinação final de Resíduos urbanos gerados no município de Limeira.

Fonte: Prefeitura Municipal de Limeira

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, toxidade 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 Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira localiza – se na zona rural do município de Limeira, totalizando 455.880 m² , limitada pela Rodovia Estadual Prefº Jurandir Paixão – SP 017 e divisas com propriedades rurais.

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.

A área de implantação do Aterro Sanitário apresenta maiores desníveis, com cota variando entre 580 e 615 metros. Os níveis verificados na área, onde serão construídas as instalações de infra-estrutura do Aterro Sanitário Municipal de Limeira, 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 – Aterro Sanitário Municipal de Limeira.

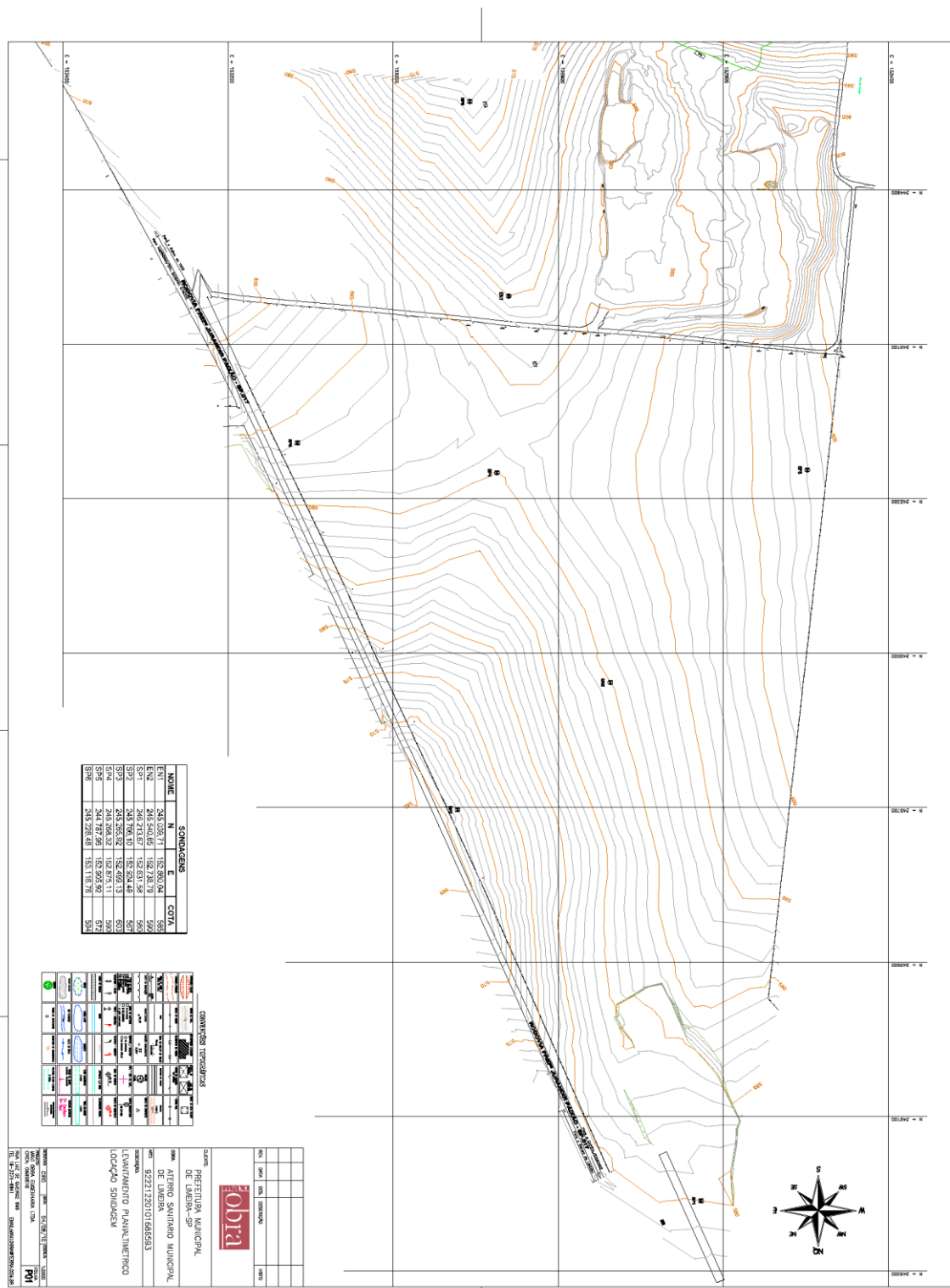


Figura 4 – Levantamento Topográfico

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 Macro-zona Rural de Limeira, conforme define o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Limeira, 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.

Diante do exposto, a gleba onde será implantada a Central de Gerenciamento de Resíduos - Aterro Sanitário Municipal de Limeira, segue o Plano Diretor de Limeira, 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 455.880m² (projeção plana). A poligonal da área necessária para implantação do aterro sanitário pode ser visualizada na Planta 01 (Base Topográfica) apresentada no Anexo II.

A área que compreenderá o aterro de resíduos Classe II será de 305.545 m², com tipologia construtiva de aterro celular. A cota inferior mínima corresponde a 580m e a cota superior máxima é de 615 m, conforme demonstra a figura do “Lay – out” (Figura 5) abaixo e apresentado na Planta 02, e apresentado no Anexo II.

Sua concepção básica será composta por 9 células, a serem construídas no sentido nordeste-sudeste, com capacidade volumétrica total de aproximadamente 10.694.075 m³ de resíduos.

Com capacidade estimada em 10.694.075 m³ de resíduos compactado, o aterro deverá ter uma vida útil de 43 anos.

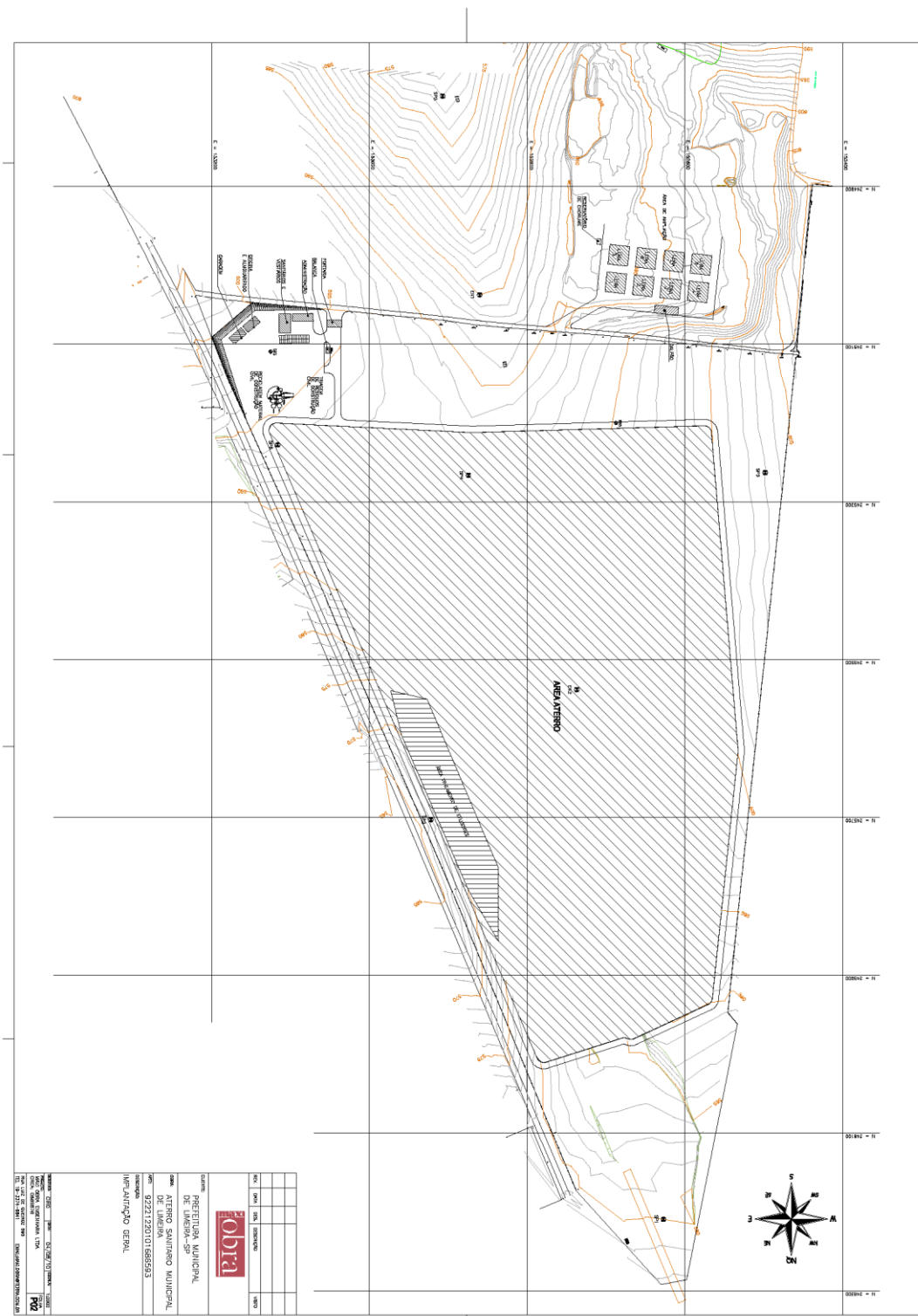


Figura 5 – “Lay-Out” geral do aterro

ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL

População em 2009	Média Gerada Entre 2000/2009	Volume de Aterro	Vida Útil
281583,00	247670,93	10694075,00	43

Tabela 2 – Estimativa de Vida Útil

Figura 6 – Etapas de Execução da Escavação

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.

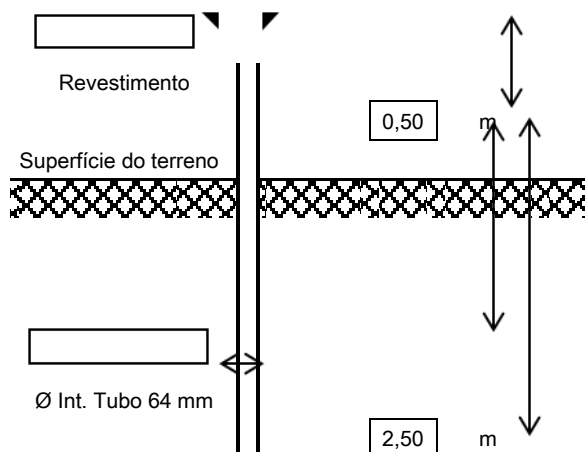
Na área da Central de Gerenciamento de Resíduos - Aterro Sanitário Municipal de Limeira foi realizado uma ampla campanha de investigação geológico – geotécnica, contemplando a execução de sondagens a percussão, sondagens a trado, ensaios geofísicos e ensaios de laboratórios demonstrados no Anexo III 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.

RELATÓRIO DE ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Infiltração - Acima N.A.



Cliente: FUND. EDUC. E CULT. DO MEIO AMB. ELVIRA G. MASCARIM Obra: ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMIC. E IND. CLASSE IIA Local: ESTR. MUNIC. JURANDIR DA P. C. FREIRE- KM 5,5- LIMEIRA Trecho ensaiado: <u>2,50</u> a <u>3,00</u> m Data <u>29/10/2009</u>	
ENSAIO REALIZADO Abaixo do N.A. <input type="checkbox"/> Acima do N.A. <input checked="" type="checkbox"/> Com artesianismo <input type="checkbox"/>	TIPO DE ENSAIO Infiltração <input checked="" type="checkbox"/> Bombeamento <input type="checkbox"/> Rebaixamento <input type="checkbox"/>
CONDIÇÕES DE MEDIDAS	

Hora (h)	Tempo (min)	N.A. (cm)	Volume acumulado (L)
10:00	0	0,00	0,00
10:01	1	0,20	0,11
10:02	2	0,40	0,21
10:03	3	0,60	0,32
10:04	4	0,70	0,37
10:05	5	0,90	0,48
10:10	10	1,70	0,90
10:15	15	2,50	1,33
10:20	20	3,30	1,75
10:25	25	4,00	2,12
10:30	30	4,70	2,50

COLUNA DE ÁGUA (m)		VAZÃO (L/min)	ABSORÇÃO (L/min/m)	PE (L/min/m/kg/cm²)	FATOR DE CORREÇÃO	K (cm/s)
m	Kg/cm²					
3,50	0,350	0,0832	0,16635	0,47528	4,801E-05	2,282E-05

Sondagem 01

Hora (h)	Tempo (min)	N.A. (cm)	Volume acumulado (L)
15:00	0	0,00	0,00
15:01	1	0,15	0,08
15:02	2	0,30	0,16
15:03	3	0,45	0,24
15:04	4	0,55	0,29
15:05	5	0,70	0,37
15:10	10	1,20	0,64
15:15	15	1,70	0,90
15:20	20	2,20	1,17
15:25	25	2,70	1,43
15:30	30	3,20	1,70

COLUNA DE ÁGUA (m)		VAZÃO (L/min)	ABSORÇÃO (L/min/m)	PE (L/min/m/kg/cm ²)	FATOR DE CORREÇÃO	K (cm/s)
m	Kg/cm ²					
3,50	0,350	0,0566	0,11326	0,32360	4,801E-05	1,554E-05

Sondagem 02

Hora (h)	Tempo (min)	N.A. (cm)	Volume acumulado (L)
08:42	0	0,00	0,00
08:43	1	0,20	0,11
08:44	2	0,35	0,19
08:45	3	0,45	0,24
08:46	4	0,55	0,29
08:47	5	0,65	0,35
08:52	10	1,15	0,61
08:57	15	1,60	0,85
09:02	20	2,05	1,09
09:07	25	2,50	1,33
09:12	30	2,90	1,54

COLUNA DE ÁGUA (m)		VAZÃO (L/min)	ABSORÇÃO (L/min/m)	PE (L/min/m/kg/cm ²)	FATOR DE CORREÇÃO	K (cm/s)
m	Kg/cm ²					
3,50	0,350	0,0513	0,10264	0,29326	4,801E-05	1,408E-05

Sondagem 3

Hora (h)	Tempo (min)	N.A. (cm)	Volume acumulado (L)
11:10	0	0,00	0,00
11:11	1	0,15	0,08
11:12	2	0,25	0,13
11:13	3	0,35	0,19
11:14	4	0,45	0,24
11:15	5	0,55	0,29
11:20	10	0,95	0,50
11:25	15	1,30	0,69
11:30	20	1,65	0,88
11:35	25	2,00	1,06
11:40	30	2,30	1,22

COLUNA DE ÁGUA (m)		VAZÃO (L/min)	ABSORÇÃO (L/min/m)	PE (L/min/m/kg/cm ²)	FATOR DE CORREÇÃO	K (cm/s)
m	Kg/cm ²					
2,00	0,200	0,0407	0,08140	0,40702	4,801E-05	1,954E-05

Sondagem 04

Tabela 3 – Estimativa da permeabilidade in situ a partir de ensaios de infiltração

(Ensaio de propriedade da Prefeitura Municipal de Limeira, fornecidos à Maxi Obra Engenharia para fins de execução do projeto executivo do aterro)

- Pelo presente levamos ao conhecimento de Vossas Senhorias os resultados obtidos nas sondagens de reconhecimento e ensaios geotécnicos, conforme itens abaixo :

- Furos de sondagem à percussão executados** _____ **06**
- Metros lineares perfurados. _____ 67,35m
- N.º de amostras colhidas _____ .66
- Ensaio de permeabilidade “in loco “ _____ 04
- Ensaio de granulometria conjunta. _____ 02
- Ensaio de compactação (proctor normal) _____ .02
- Ensaio Limites de Atterberg (liquidez/plasticidade). _____ 02
- Ensaio de CBR. _____ 02

- 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.

PENEIRAMENTO GROSSO						MASSA INICIAL			
PENEIRA	PENEIRA	MASSA	RETIDO	RET. AC.	PAS.	Total da amostra (g) : 68,08			
#	mm	(g)	(%)	(%)	(%)	T. amostra seca (g) : 67,33			
3"	75,1	0,00	0,0	0,0	100,0				
2 1/2"	63,0	0,00	0,0	0,0	100,0	Solo + Tara (g) :		68,08	
2"	50,0	0,00	0,0	0,0	100,0	Tara (g) :		0,00	
1 1/2"	37,5	0,00	0,0	0,0	100,0	Solo (g) :		68,08	
1 1/4"	31,5	0,00	0,0	0,0	100,0	w média (%) :		1,11	
1"	25,4	0,00	0,0	0,0	100,0	Sólidos = Ms (g) :		67,33	
3/4"	19,1	0,00	0,0	0,0	100,0	UMIDADE (w)			
5/8"	16,0	0,00	0,0	0,0	100,0				
1/2"	12,7	0,00	0,0	0,0	100,0	Cápsula nº :	205	129	151
3/8"	9,5	0,00	0,0	0,0	100,0	S+T+A (g) :	27,13	25,48	27,79
5/16"	8,0	0,00	0,0	0,0	100,0	S+T (g) :	26,97	25,32	27,61
1/4"	6,3	0,00	0,0	0,0	100,0	T (g) :	12,78	10,87	11,25
4	4,8	0,00	0,0	0,0	100,0	Mw (g) :	0,16	0,16	0,18
10	2,0	0,03	0,0	0,0	100,0	Ms (g) :	14,19	14,45	16,36
PRATO	---	0,00	0,0	0,0	100,0	w (%) :	1,13	1,11	1,10

PENEIRAMENTO FINO						DADOS DO ENSAIO	
PENEIRA	PENEIRA	MASSA	RETIDO	RET. AC.	PAS.	\square_s (g/cm ³) : 2,800	
#	mm	(g)	(%)	(%)	(%)	DENSÍMETRO # : 87275	
16	1,18	0,14	0,2	0,2	99,7	TIPO : ASTM 151-H	
30	0,60	0,47	0,7	0,9	99,0	C. MENISCO - c(m) : 0.5	
50	0,30	2,88	4,3	5,2	94,8	PROVETA # : -	
70	0,21	4,06	6,0	11,2	88,7	DEFLOCULANTE	
100	0,15	6,05	9,0	20,2	79,8		
140	0,106	0,91	1,4	21,6	78,4	TIPO : HEX. SÓDIO	
200	0,075	7,97	11,8	33,4	66,6	PURO/SOLUÇÃO : SOLUÇÃO P. A.	
Prato	---	0,63	0,9	34,3	65,6	VOLUME (cm ³) : 125	

SEDIMENTAÇÃO									
DATA	TEMPO [t] (min)	r(H)	T (°C)	$\square \cdot 10^{-4}$ (Pa.s)	z (cm)	rw(H)	r(H)-rw(H)	Di (mm)	P(<Di) (%)
10/11/09	0,5	30,0	24,0	9,17	8,21	-3,81	26,2	0,0506	60,5
"	1	28,2	24,0	9,17	8,69	-3,81	24,4	0,0368	56,3
"	2	26,9	24,0	9,17	9,03	-3,81	23,1	0,0265	53,3
"	4	25,0	24,0	9,17	9,54	-3,81	21,2	0,0193	49,0
"	8	23,8	24,0	9,17	9,86	-3,81	20,0	0,0139	46,2
"	15	23,0	24,0	9,17	10,07	-3,81	19,2	0,0102	44,3
"	30	22,0	24,0	9,17	10,34	-3,81	18,2	0,0073	42,0
"	60	21,3	24,0	9,17	10,52	-3,81	17,5	0,0052	40,4
"	120	20,2	24,0	9,17	10,81	-3,81	16,4	0,0037	37,9
"	240	20,0	24,0	9,17	10,87	-3,81	16,2	0,0027	37,4
"	480	19,5	23,5	9,28	11,00	-3,91	15,6	0,0019	36,0

Amostra 01 – Profundidade de 1 a 2m

PENEIRAMENTO GROSSO						MASSA INICIAL			
PENEIRA	PENEIRA	MASSA	RETIDO	RET. AC.	PAS.	Total da amostra (g) : 65,52			
#	mm	(g)	(%)	(%)	(%)	T. amostra seca (g) : 64,70			
3"	75,1	0,00	0,0	0,0	100,0	Solo + Tara (g) : 65,52			
2 1/2"	63,0	0,00	0,0	0,0	100,0	Tara (g) : 0,00			
2"	50,0	0,00	0,0	0,0	100,0	Solo (g) : 65,52			
1 1/2"	37,5	0,00	0,0	0,0	100,0	w média (%) : 1,27			
1 1/4"	31,5	0,00	0,0	0,0	100,0	Sólidos = Ms (g) : 64,70			
1"	25,4	0,00	0,0	0,0	100,0	UMIDADE (w)			
3/4"	19,1	0,00	0,0	0,0	100,0				
5/8"	16,0	0,00	0,0	0,0	100,0	Cápsula nº :	70	157	161
1/2"	12,7	0,00	0,0	0,0	100,0	S+T+A (g) :	26,93	26,65	28,66
3/8"	9,5	0,00	0,0	0,0	100,0	S+T (g) :	26,73	26,45	28,45
5/16"	8,0	0,00	0,0	0,0	100,0	T (g) :	10,83	10,75	11,84
1/4"	6,3	0,00	0,0	0,0	100,0	Mw (g) :	0,20	0,20	0,21
4	4,8	0,00	0,0	0,0	100,0	Ms (g) :	15,90	15,70	16,61
10	2,0	0,02	0,0	0,0	100,0	w (%) :	1,26	1,27	1,26
PRATO	---	0,00	0,0	0,0	100,0				

PENEIRAMENTO FINO						DADOS DO ENSAIO			
PENEIRA	PENEIRA	MASSA	RETIDO	RET. AC.	PAS.	□s (g/cm³) : 2,800			
#	mm	(g)	(%)	(%)	(%)	DENSÍMETRO # : 87275			
16	1,18	0,03	0,0	0,0	99,9	TIPO : ASTM 151-H			
30	0,60	0,41	0,6	0,7	99,3	C. MENISCO - c(m) : 0.5			
50	0,30	2,72	4,2	4,9	95,1	PROVETA # : -			
70	0,21	3,51	5,4	10,3	89,7	DEFLOCULANTE			
100	0,15	5,03	7,8	18,1	81,9				
140	0,106	1,90	2,9	21,0	79,0	TIPO : HEX. SÓDIO			
200	0,075	6,01	9,3	30,3	69,7	PURO/SOLUÇÃO : SOLUÇÃO P. A.			
Prato	---	0,62	1,0	31,3	68,7	VOLUME (cm³) : 125			

SEDIMENTAÇÃO									
DATA	TEMPO [t] (min)	r(H)	T (°C)	$\square \cdot 10^{-4}$ (Pa.s)	z (cm)	rw(H)	r(H)-rw(H)	Di (mm)	P(<Di) (%)
10/11/09	0,5	31,0	24,0	9,17	7,94	-3,81	27,2	0,0497	65,4
"	1	29,0	24,0	9,17	8,47	-3,81	25,2	0,0363	60,6
"	2	27,9	24,0	9,17	8,77	-3,81	24,1	0,0261	57,9
"	4	26,2	24,0	9,17	9,22	-3,81	22,4	0,0189	53,8
"	8	25,5	24,0	9,17	9,40	-3,81	21,7	0,0135	52,1
"	15	25,2	24,0	9,17	9,48	-3,81	21,4	0,0099	51,4
"	30	25,0	24,0	9,17	9,54	-3,81	21,2	0,0070	50,9
"	60	24,9	24,0	9,17	9,56	-3,81	21,1	0,0050	50,7
"	120	24,2	24,0	9,17	9,75	-3,81	20,4	0,0036	49,0
"	240	23,8	24,0	9,17	9,86	-3,81	20,0	0,0025	48,1
"	480	23,6	23,5	9,28	9,91	-3,91	19,7	0,0018	47,3

Amostra 02 – Profundidade de 1 a 2m

Tabela 4 – Resumo das características geotécnicas dos solos superficiais locais a partir de ensaios laboratoriais em amostras de solo utilizados do local.

(Ensaio de propriedade da Prefeitura Municipal de Limeira, fornecidos à Maxi Obra Engenharia, para fins de execução do projeto executivo do aterro)

DADOS DO EQUIPAMENTO

TARA (g) :	2331,6	CILIND. nº :	2	ENERGIA :	NORMAL
VOL. (cm³) :	997,5	\square_s (g/cm³) :	2,800	kJ/m³ :	583

COMPACTAÇÃO

DETERMINAÇÃO nº	1	2	3	4	5	6	7
--------------------	---	---	---	---	---	---	---

SOLO + TARA CIL. (g)	4020,0	4161,0	4249,0	4288,0	4241,0
SOLO (g)	1688,4	1829,4	1917,4	1956,4	1909,4
ρ (g/cm³)	1,693	1,834	1,922	1,961	1,914

TEOR DE UMIDADE

CÁPSULA nº	147	520	154	167	556
SÓL. + TARA + ÁGUA (g)	83,76	88,79	98,07	82,50	77,86
SÓLIDOS + TARA (g)	75,77	79,80	87,01	72,63	68,52
TARA (g)	24,31	28,94	30,21	25,47	28,87
ÁGUA (g)	7,99	8,99	11,06	9,87	9,34
SÓLIDOS (g)	51,46	50,86	56,80	47,16	39,65
w (%)	15,5	17,7	19,5	20,9	23,6
ρ_d (g/cm³)	1,465	1,559	1,609	1,622	1,549
e	0,91	0,80	0,74	0,73	0,81
S_r (%)	47,7	62,1	73,7	80,7	81,7

ρ_d máx (g/cm³)	1,58
w_{ót} (%)	20,1

Amostra 01

DADOS DO EQUIPAMENTO

TARA (g) :	2331,6	CILIND. nº :	2	ENERGIA :	NORMAL
VOL. (cm³) :	997,5	ρ_s (g/cm³) :	2,800	kJ/m³ :	583

COMPACTAÇÃO

DETERMINAÇÃO nº	1	2	3	4	5	6	7
SOLO + TARA CIL. (g)	3995,0	4150,0	4243,0	4273,0	4244,0		
SOLO (g)	1663,4	1818,4	1911,4	1941,4	1912,4		
ρ (g/cm³)	1,668	1,823	1,916	1,946	1,917		

TEOR DE UMIDADE

CÁPSULA nº	96	200	536	64	111
SÓL. + TARA + ÁGUA (g)	83,84	84,24	96,64	83,79	91,92
SÓLIDOS + TARA (g)	75,89	75,84	85,75	73,33	79,84
TARA (g)	25,28	28,07	29,90	26,68	29,56
ÁGUA (g)	7,95	8,40	10,89	10,46	12,08
SÓLIDOS (g)	50,61	47,77	55,85	46,65	50,28
w (%)	15,7	17,6	19,5	22,4	24,0
ρ_d (g/cm³)	1,441	1,550	1,604	1,590	1,546
e	0,94	0,81	0,75	0,76	0,81
S _r (%)	46,7	61,1	73,2	82,5	82,9

ρ_d máx (g/cm³)	1,59
w _{ót} (%)	20,6

Amostra 02

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de compactação e permeabilidade das amostras. (Ensaio de propriedade da Prefeitura Municipal de Limeira, fornecidos á Maxi Obra Engenharia, para fins de execução do projeto executivo do aterro)

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 retro-análises, 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 influencia 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 retro-análises 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 deslizando, 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 06, a seguir.

<i>Material</i>	<i>C' (kPa)</i>	<i>ϕ''</i>	<i>γ (kN/m³)</i>	<i>γ_{sat} (kN/m³)</i>
<i>Resíduos</i>	15	26	9	10
<i>Solo de Fundação*</i>	50	30	19	19

*Valores baseados nos ensaios realizados pela EPT (2008)

Tabela 6 – 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 7, 8, 9 e 10. 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.

<i>Seção</i>	<i>FS</i>
1	1,59
2	1,58
3	1,59

Tabela 7 – Fatores de segurança para as seções de estabilidade estudadas.

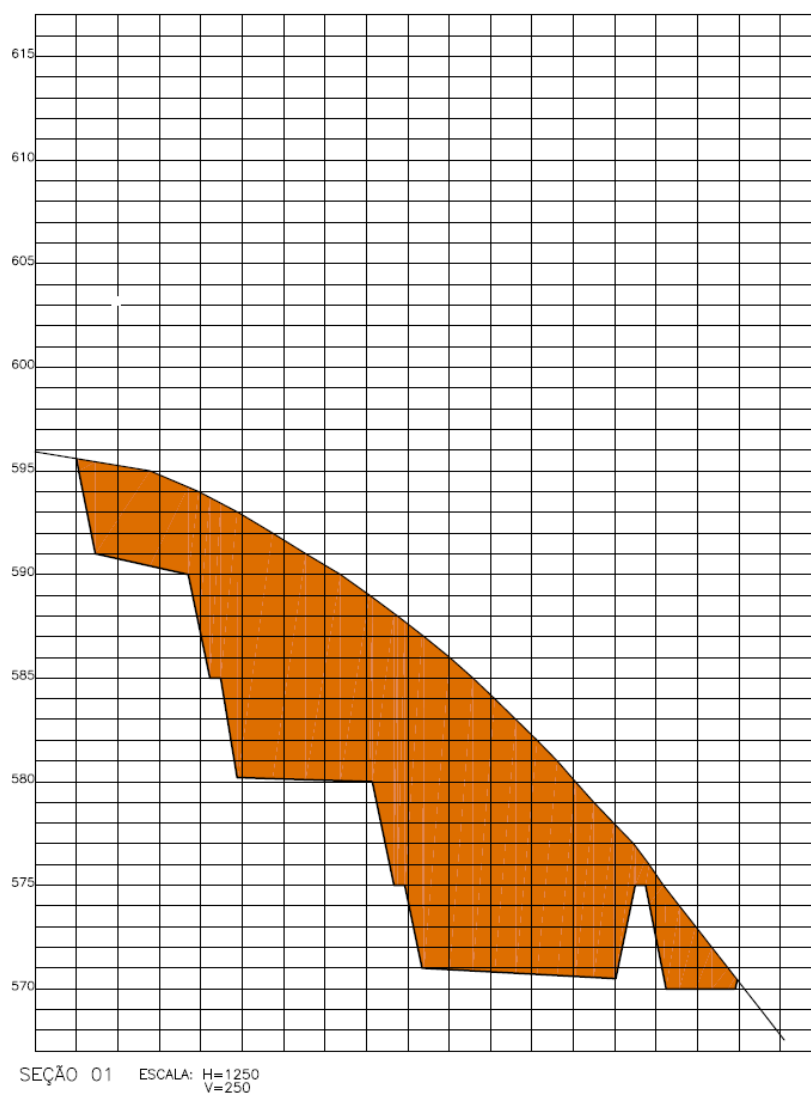


Figura 7 – Análise de estabilidade da Seção 01

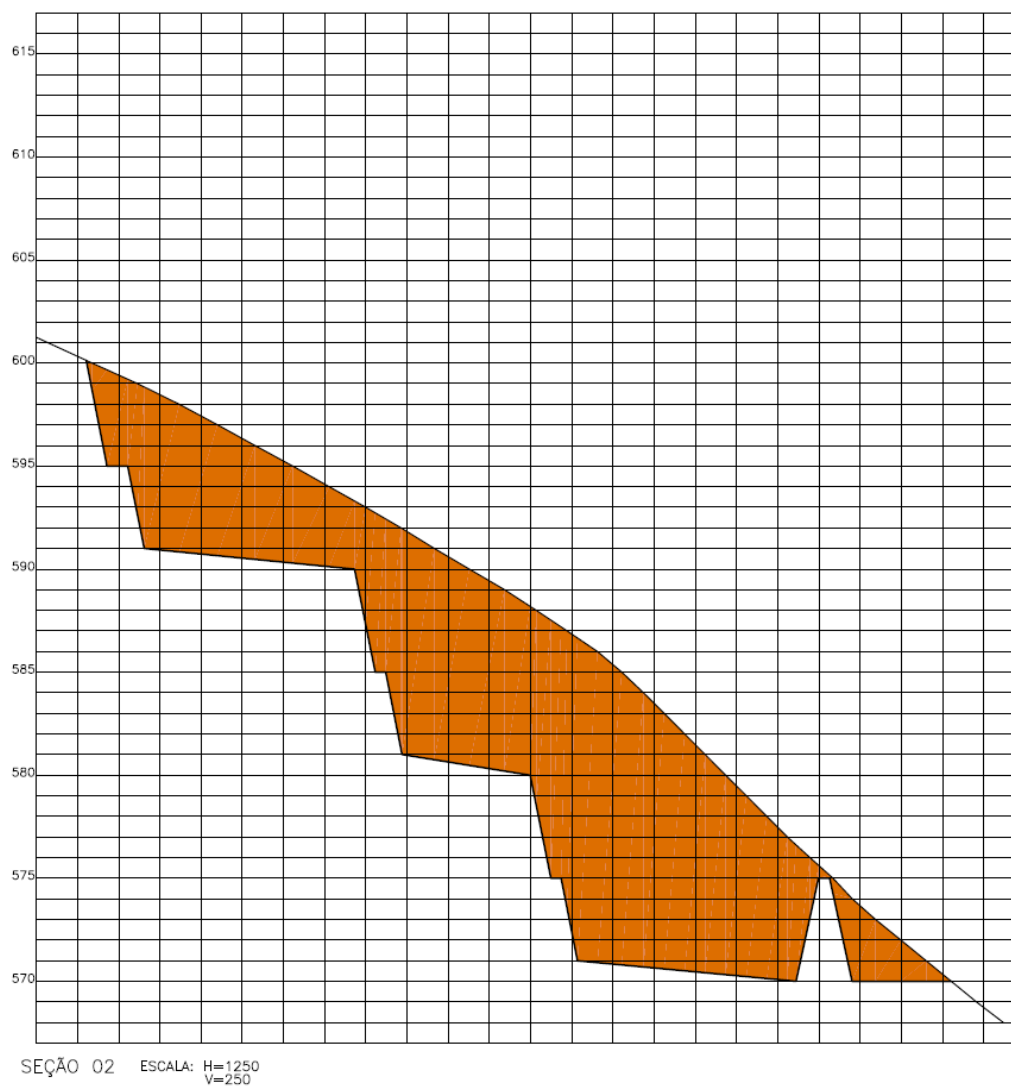


Figura 8 – Análise de estabilidade da Seção 02

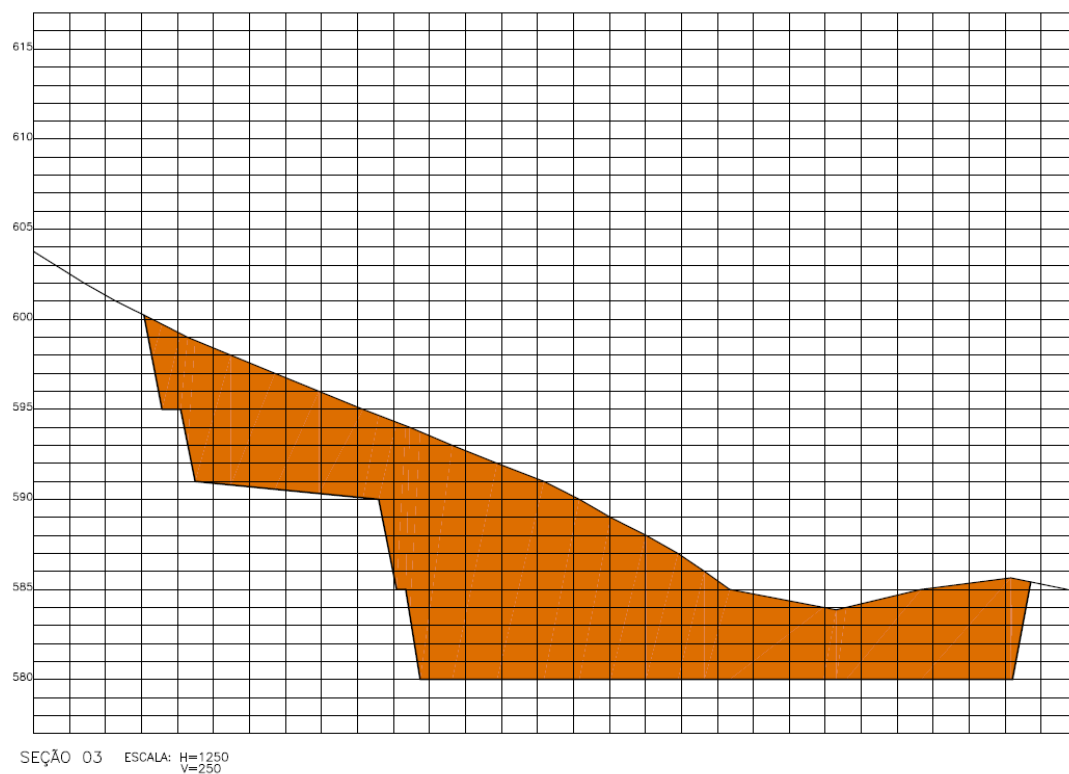


Figura 9 – Análise de estabilidade da Seção 03

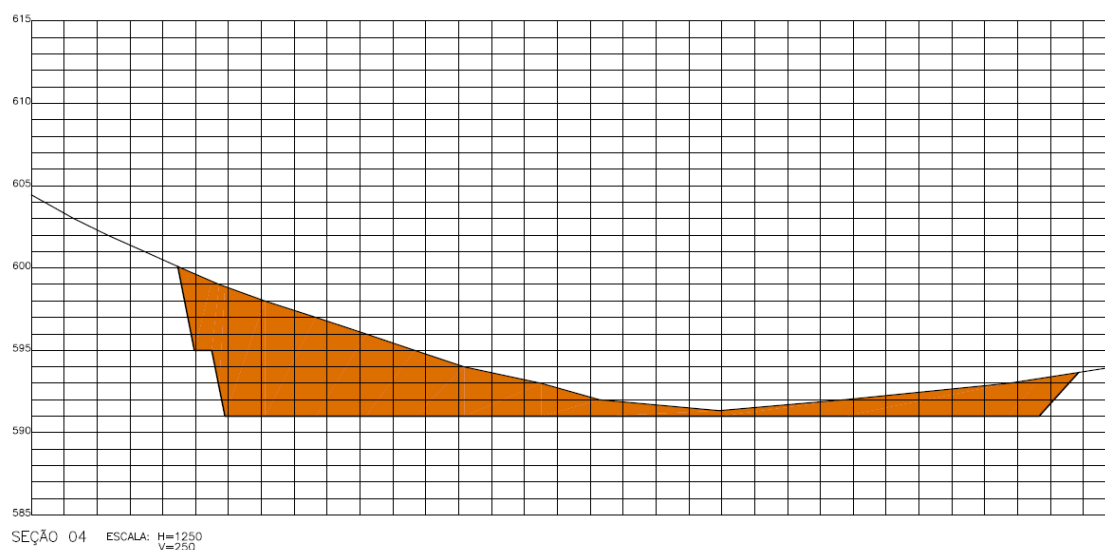


Figura 10 – Análise de estabilidade da Seção 04

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 455.880 m², dos quais 305.545 m² ou cerca de 67% do total, serão ocupados pelo aterro sanitário.

O volume total do projeto geométrico do Aterro Sanitário Municipal de Limeira é avaliado em aproximadamente 13.750.000 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 no Aterro Sanitário Municipal de Limeira. Este fato estima-se que os recalques médios 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 11, a seguir

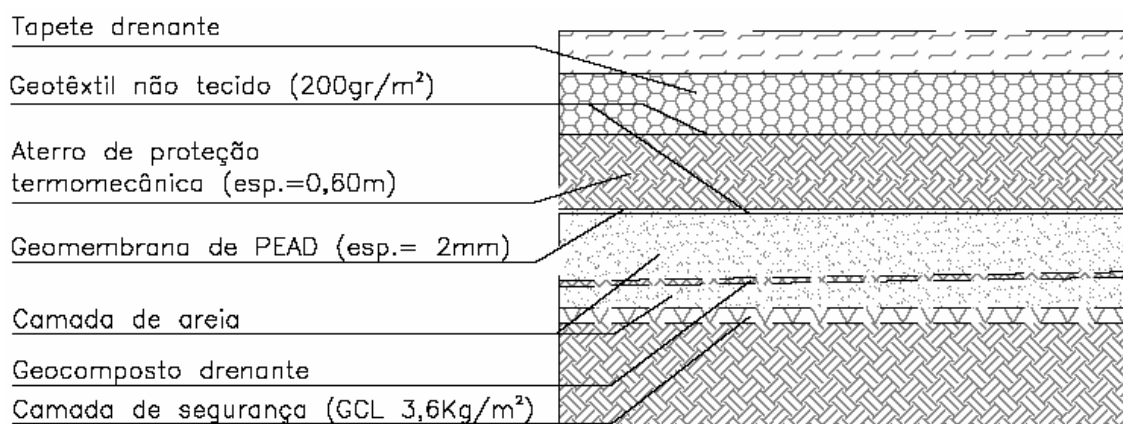


Figura 11 – Sistema de impermeabilização de base (liner) para o Aterro Sanitário de Limeira-SP

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, contenção 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 10, 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 10, 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 10 – 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 11, 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 acúmulo, 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira deverá tratar o chorume gerado pelo próprio empreendimento (Planta 10 – 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 será através da implantação um sistema de um tratamento físico-químico que garante 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 Municipal de Limeira 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;

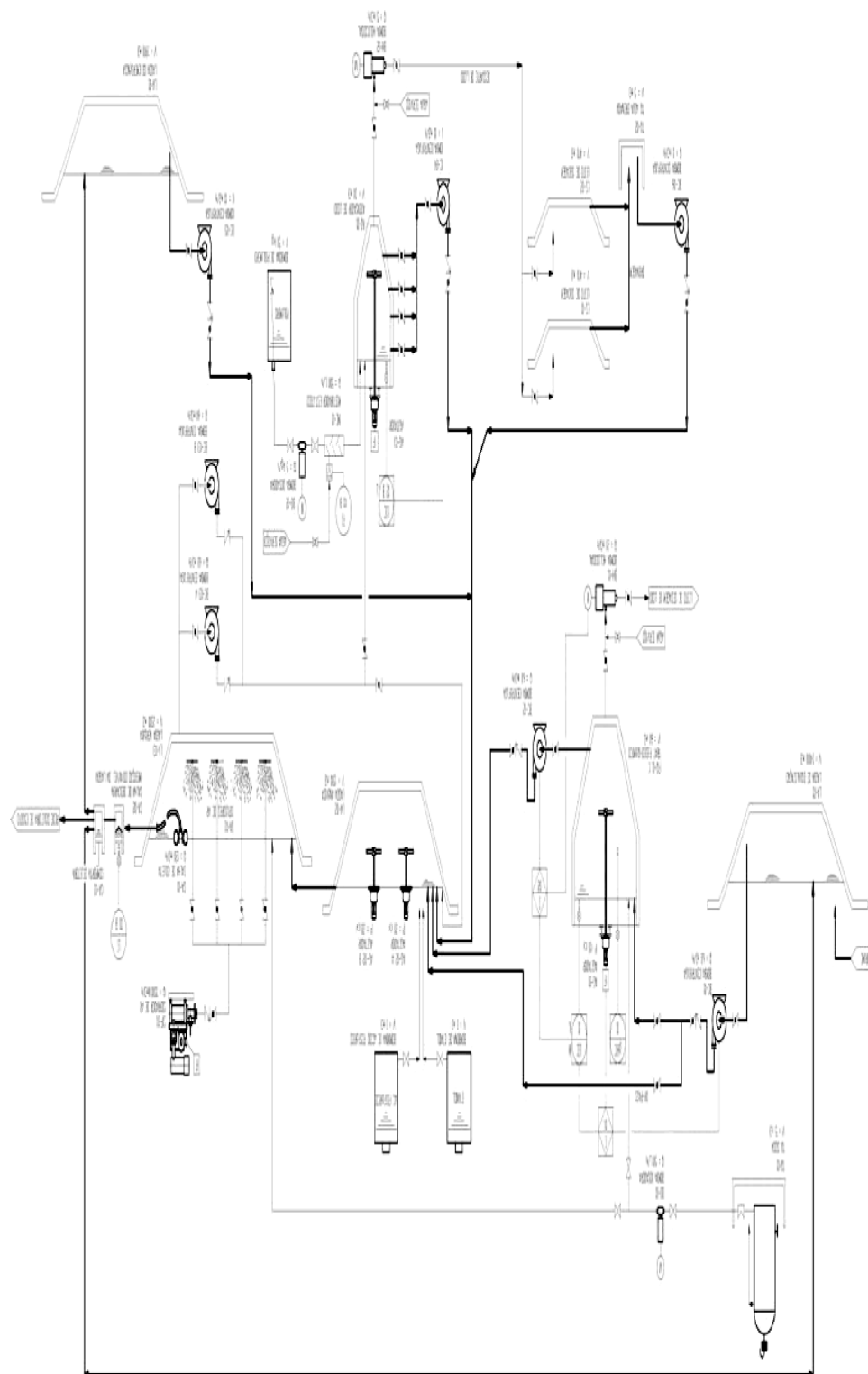


Figura 12 – Fluxograma do processo de tratamento da ETE.

6.6. FECHAMENTO E SEGURANÇA DA ÁREA

Entende – se, como um dos componentes de proteção ambiental o cercamento de toda a área destinada ao Aterro Sanitário Municipal de Limeira como forma de evitar o acesso de pessoas estranhas e animais. Além do cercamento, haverá vigilância continua ao longo de todo

o perímetro da gleba. O acesso ao Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira.

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 exportação 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 13. 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.

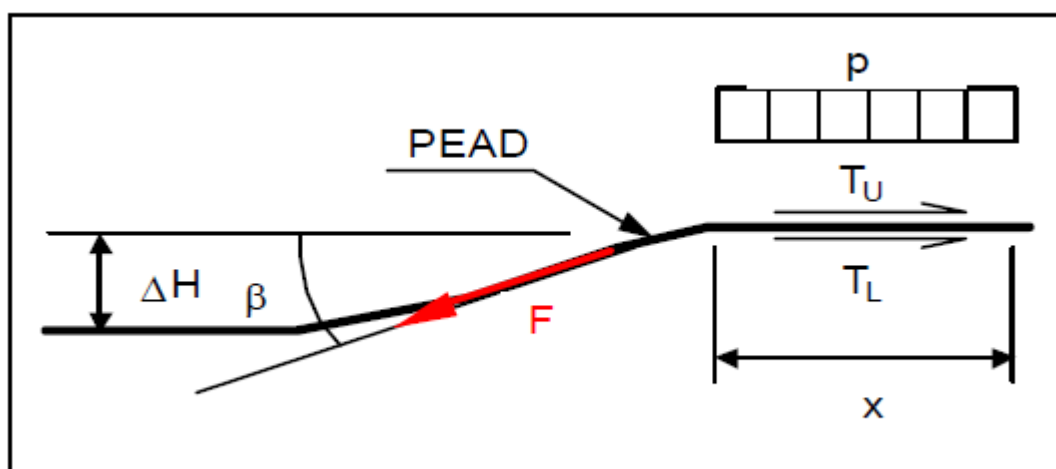


Figura 13 – Modelo para cálculo da espessura da manta de PEAD

Espessura da manta de PEAD: $t = 2,00 \text{ mm}$
Altura máxima de resíduos: $H_{\max} = 45 \text{ m}$
Peso específico médio dos resíduos compactados: $= 1,00 \text{ t/m}_3$
Pressão aplicada pelos resíduos: $p = 45 \text{ t/m}_2$
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: $= 2.100 \text{ t/m}_2$
Ângulo de atrito entre o PEAD e o Aterro de Proteção termomecânica: $= 18,00^\circ$
Ângulo de atrito entre o PEAD e o Aterro de Impermeabilização: $= 16,00^\circ$
Espessura mínima requerida: $t = \frac{p \cdot x}{\cos \beta \cdot \sigma_{\text{adm}}} \cdot (\tan \delta_u + \tan \delta_L) = 0,72 \text{ mm}$

Tabela 8 – 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 ($>10 \text{ m}$) e declividades muito acentuadas, é possível reduzir os riscos de danos sobre a manta de PEAD.

O procedimento de cálculo apresentado na Figura 14 e Tabela 09, 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.

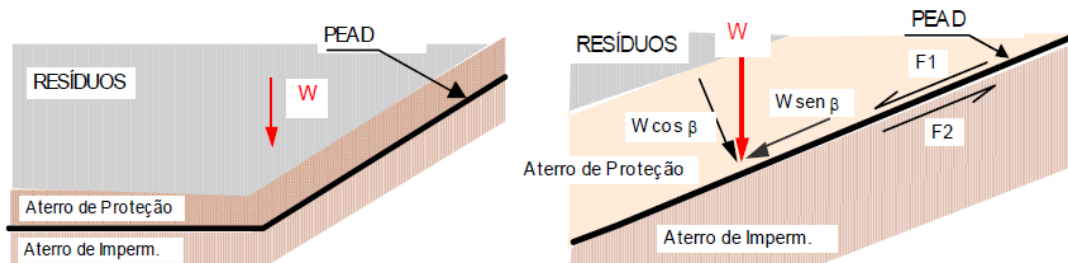


Figura 14 – Diagrama dos esforços de tração aplicados na manta de PEAD

Espessura da manta de PEAD: $t = 2,00 \text{ mm}$
Altura máxima de resíduos: $H_{\max} = 45 \text{ m}$
Peso específico médio dos resíduos compactados: $= 1,00 \text{ t/m}^3$
Peso de uma lamela de resíduos na área em verificação: $W = 45 \text{ t/m}$
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 termomecânica e a manta de PEAD: $= 18,00^\circ$
Força de atrito entre o Aterro de Proteção e a Manta: $F1 = N \cdot \tan = 8,55 \text{ t/m}$
Ângulo de atrito entre o aterro de impermeabilização e a manta de PEAD: $= 16,50^\circ$
Força de atrito entre o Aterro de Impermeabilização e a Manta: $F2 = N \cdot \tan = 7,80 \text{ t/m}$
Tensão a ser diretamente suportada pela manta de PEAD: $\sigma_{\text{atuante}} = (F1-F2)/t = 378 \text{ t/m}^2/\text{m}$
Fator de segurança: $FS = \sigma_{\text{adm}}/\sigma_{\text{atuante}} = 5,56$

Tabela 9: 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 10 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 colmatção. 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 12); 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 13). Os parâmetros hidráulicos dos materiais utilizados para drenagem de percolados e descritos na literatura estão sugeridos na Tabela 10 (condutividade hidráulica) e na Tabela 11 (raio hidráulico).

Tipo de Material	Granulometria	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	0,001
Silte	0,0005 a 0,005	0,00001
Argila	menor que 0,0005	0,00000001

Tabela 10 – Condutividade hidráulica para materiais drenantes

Fonte: BRASIL(2006)

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

Tabela 11 – Valores de Rh (Raio Hidráulico) para Brita

Fonte: CETESB (1979)

A Tabela 14 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.

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 = 76.386,25 m³
Cálculo da Seção Mínima:	
Área de superfície:	Aaterro = 305.545 m²
Espessura:	H = 0,522 m
Seção Adotada:	
Largura da Seção:	L = m
Altura mínima do nível de chorume (30% de Htotal):	Hmín. = 0,25 m
Altura total da seção:	Htotal = 0,85 m
Volume líquido:	VL = 114.575,4 m³
Volume total:	VT = 235.241,8 m³

Tabela 12 – Dimensionamento dos drenos primários (tapete drenante).

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:	0,016 KANANET
Borda livre requerida:	$b_{ir} = 0,03 \text{ m}$
Velocidade máxima para o material do tubo:	$V_{m\acute{a}x.} = 4 \text{ m/s}$
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:	$Sh = 0,0096 \text{ m}^2$
Perímetro molhado:	$Ph = 0,2456 \text{ m}$
Raio hidráulico:	$R_h = 0,0390 \text{ m}$
Capacidade de escoamento calculada:	$Q_s = 0,0069 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_s = 6,89 \text{ L/s}$
Velocidade de escoamento:	$v = 0,72 \text{ m/s}$
Borda livre disponível:	$b_{ld} = 0,07 \text{ m}$
Fator de segurança:	$FS = Q_s / Q_{dim} = 3,7$

Tabela 13 – Dimensionamento hidráulico do tubo principal.

Vazão Média:	Q _{média} = 2,00 L/s
Tempo de acumulação requerido:	T = 90 dias
Volume útil requerido:	V _{util} = 15.552 m ³
Dimensões da lagoa:	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 = 2.800,0 m ²
Área total:	A = 5.400,0 m ²
Altura total:	H = 5,0 m
Borda livre:	bl = 0,5 m
Altura reservada ao acúmulo de lodo:	H _{lodo} = 0,0 m
Inclinação da parede do Dique:	z = 2,0 m/m
Volume útil calculado:	V _{calc} = 17.874 m ³

Tabela 14 – 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)

P60,10: Precipitação com duração de 60 minutos e período de retorno de 10 anos

(mm), já ocorrida.

P60,10 = 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 15).

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 15: Coeficiente de escoamento superficial (C)

Fonte: 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 16, considerando que a área total do aterro é de 305.545,20 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 16 – Quantificação das vazões pelo método nacional

7.3.2. Projeto hidráulico dos elementos do sistema de drenagem superficial

Os elementos de drenagem superficial são apresentados e detalhados na Planta 11 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:

C: 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 a Planta 11, 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;

z₁ e z₂: 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 17).

A Tabela 18 apresenta o memorial de cálculo para dimensionamento e verificação das canaletas de berma no aterro, do tipo triangular, 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 16.

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 compactado
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	Eochas sedimentares moles-xistos
2,44 a 3,05	Alvenaria
3,05 a 4	Rochas compactas
4 a 6	Concreto

Tabela 17 – Velocidade máxima de escoamento

Fonte: Porto, 1998

Inclinação das paredes:	z1 = 1,5 z2 = 2,5
Declividade do canal:	I0 = 0,005 m/m
Coeficiente de Rugosidade de Manning:	0,013
Borda livre:	bl = 20% de y
Velocidade máxima para material da canaleta:	Vmax = 2,75m/s
Lâmina Líquida:	y = 0,19 m
Área molhada:	Sh = 0,072 m²
Perímetro molhado:	Ph = 0,85 m
Raio Hidráulico:	Rh = 0,08 m
Capacidade de escoamento calculada:	Q = 0,075 m³/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 18 – Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de berma.

b) Descidas de 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:

$$S_y(b yz)_{h=+e} P_h b 2y 1 z_2$$

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 19. Conforme apresentado no Detalhe 2 da Planta 11 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 16).

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

Tabela 19 – 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 17), 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):

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

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 19), tem-se L igual a 1,44 m.

d) Canaletas Provisórias

A Tabela 20 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 16), 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:	$b = 1\text{ m}$
Coefficiente de rugosidade de Manning:	0,025
Borda Livre:	$bl = 20\% \text{ de } y$
Velocidade máxima de acordo com o material:	$V_{\text{máx}} = 1,20 \text{ m/s}$
Altura da lâmina líquida:	$y = 0,578$
Área molhada:	$S_h = 0,58 \text{ m}^2$
Perímetro molhado:	$P_h = 2,16 \text{ m}$
Raio hidráulico:	$R_h = 0,27 \text{ m}$
Capacidade de escoamento calculada:	$Q = 0,680 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q = 680,00 \text{ L/s}$
Velocidade do escoamento:	$V = 1,18 \text{ m/s}$
Altura da canaleta:	$H = 0,69 \text{ m}$
Largura da canaleta:	$B = 1,00 \text{ m}$

Tabela 20 – Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta provisória retangular de concreto.

e) Canaletas de Contorno

A Tabela 21 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 16), 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:	$lo = 0,015$ m/m
Coeficiente de rugosidade de Manning:	0,015
Borda Livre:	$bl = 20\%$ de y
Velocidade máxima de acordo com o material:	$V_{\text{máx}} = 5,00$ m/s
Altura da lâmina líquida:	$y = 0,564$
Área molhada:	$Sh = 0,45$ m ²
Perímetro molhado:	$Ph = 1,93$ m
Raio hidráulico:	$Rh = 0,23$ 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 21 – 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 22 apresenta um resumo do dimensionamento dos diversos elementos de drenagem superficial adotados no projeto da Central de Gerenciamento de Resíduos de Limeira.

Sub-bacia	Tipologia	Dimensões	η	Declividade lo(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 de d'água sobre taludes	Geocélula	b = 0,60 m	0,025	0,500	426
	trapezoidal	B = 1,20 m H = 0,15 m			
	Travessia em tubo de concreto	ϕ = 0,70 m	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 22 – Caracterização dos elementos de drenagem

8. CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS E DAS OBRAS

As obras de implantação da Central de Gerenciamento de Resíduos - Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 # nº 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 de Teste	Frequência (m²)	Resultados Requeridos
Índice de inchamento da bentonita	ASTM D 5890	1/50ton	24ml/2g (mín.)
Perda de fluídos da bentonita	ASTM D 5891	1/50ton	18ml (máx.)
Massa de bentonita/área	ASTM D 5993	4.000m²	3,6kg/m² (mín.)
Resistência ao arrancamento	ASTM D 6768	20.000m²	53N/cm
Resistência a pelagem	ASTM D 6496	4.000m²	6,1N/cm
Índice de fluidez	ASTM D 5887	Semanalmente	1x10 ⁻⁸ m³/m²seg (máx.)
Condutividade hidráulica	ASTM D 5887	Semanalmente	5x10 ⁻⁹ cm/seg (máx.)
Forças internas de cisalhamento do GCL hidratado	ASTM D 6243	Periódico	24kPa

Tabela 23 – 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 36017	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 σ_v = 200 kPa.

Tabela 24 – 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.

Características	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)	ASTM D 4632	kN/m	1600
Alongamento		%	>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 25 - 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 D 5199	2 mm (-10%) ⁽¹⁾	A cada 9 ton.
Densidade (*)	ASTM D 792 (Método A)	0,940 g/cm ³	A cada 90 ton.
Propriedades Mecânicas	ASTM D 638 Tipo IV		A cada 9 ton.
1 – Resistividade de escoamento		29kN/m – mín. ⁽²⁾	
2 – Alongamento no escoamento		12% - mín. ⁽²⁾	
3 – Resistência na ruptura		53 kN/m – mín. ⁽²⁾	
4 – Alongamento na ruptura		700% - mín. ⁽²⁾	
Resistência de rompimento	ASTM D 1004	249 N – mín.	A cada 20 ton.
Resistência ao Puncionamento	ASTM D 4833	640 N – mín.	A cada 20 ton.

Tabela 26 – 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) $< 60\%$
- hnat (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 seqüência, 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 no Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 Prefº Jurandir Paixão – SP 017.

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 ao Aterro Sanitário Municipal de Limeira, 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

A Central de Gerenciamento de Resíduos de Limeira contará com uma infraestrutura que englobará a construção de uma estação de tratamento de efluentes – ETE (Planta 10), edificações para administração, contendo vestiários, sanitários, cozinha e pronto – socorro, fiscalização, portaria, balança, cercamento da área, garagem, oficina e sua infra-estrutura (Plantas 12 a 15).

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, com 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 na Tabela 27 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 de 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 de campo.
Total	3		

Tabela 27 – 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 subempreiteiros, 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 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
Aux. Administrativo	1	Diurno	Preenchimento de RMC, 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 28 – 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 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
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 29 – Descrição da organização da 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 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
Encarregado de Aterro	1	Diurno	Execução e manutenção das obras de campo.
	1	Noturno	
Motorista	4	Diurno	Serviços gerais.
Operador de máquina	4	Diurno	Compactação de resíduos.
	2	Noturno	
Servente (ponta de aterro)	1	Diurno	Sinalização para descarga de lixo
	1	Noturno	
Total	14		

Tabela 30 – Descrição de 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 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
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 31 – Descrição de mão de obra de 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 32 – 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. FREQUÊNCIA 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	Diurno	Noturno
Início	7:00	19:00
Refeição	11:00 – 12:00	23:00 – 24:00
Final	15:30	02:50

Tabela 33 - 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.

O Aterro Sanitário Municipal de Limeira será implantado 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira.

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 DO ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE LIMEIRA

Do ponto de vista ambiental, o aterro será monitorado quanto à qualidade das águas e superfície e de sub - superfície, para tal serão instalados 9 poços de monitoramento, para coleta de amostras de água, como indicado na Planta 17. 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 sobre-pressões 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 305.545 m² seja revegetada com espécies naturais da região, o que corresponde a 23,4 % de toda área do empreendimento (Planta 16, Revegetação, em anexo II).

11. DESATIVAÇÃO E USO FUTURO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

Apresentamos a seguir plano de encerramento ora preconizado para o Aterro Sanitário Municipal de Limeira, 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira, 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira, 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira, porém pode se visualizar na planta, o lay-out do futuro parque dotados de equipamentos de lazer e de apoio a 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 no Aterro Sanitário Municipal de Limeira 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 do Aterro Sanitário Municipal de Limeira.
- 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

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANT. TOTAL	VL. UNIT.	VALOR TOTAL
1.	IMPLANTAÇÃO				R\$ 35.223.963,30
1.1	ACESSOS				R\$ 192.457,70
1.1.1	Remoção da camada superficial (esp. média = 0,50m)	m³	16.493	R\$ 3,50	R\$ 57.725,50
1.1.2	Regularização de base (esp. média = 0,25m)	m³	9.610	R\$ 7,90	R\$ 75.919,00
1.1.3	Revestimento com cascalho (esp. = 0,15m)	m³	5.766	R\$ 10,20	R\$ 58.813,20
1.2	SISTEMA DE PROTEÇÃO DA BASE				R\$ 8.662.640,00
1.2.1	Manta de GCL (306 kg/m³)	m²	309.380	R\$ 28,00	R\$ 8.662.640,00
1.3	TERRAPLANAGEM (ÁREA DO ATERRO)				R\$ 4.501.671,20
1.3.1	Escavação (área do aterro)	m³	1.156.300	R\$ 3,45	R\$ 3.989.235,00
1.3.2	Dique	m²	15.500	R\$ 6,35	R\$ 98.425,00
1.3.3	Regularização de base (esp. média = 0,40m)	m³	121.768	R\$ 3,40	R\$ 414.011,20
1.4	DRENO TESTEMUNHO				R\$ 2.819.738,30
1.4.1	Areia Grossa	m³	60.884	R\$ 27,70	R\$ 1.686.486,80
1.4.2	Manta de Geocomposto Drenante	m²	6.200	R\$ 24,40	R\$ 151.280,00
1.4.3	Manta de Geotêxtil não tecido (200g/m²)	m²	309.380	R\$ 3,10	R\$ 959.078,00
1.4.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (d = 200mm)	m	403	R\$ 37,50	R\$ 15.112,50
1.4.5	Tubo de PEAD (d = 200mm)	m	124	R\$ 36,75	R\$ 4.557,00
1.4.6	Caixa de passagem	unid.	5	R\$ 644,80	R\$ 3.224,00
1.5	SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE				R\$ 7.192.750,20
1.5.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m²	309.380	R\$ 19,50	R\$ 6.032.910,00
1.5.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp. = 0,60m)	m³	182.652	R\$ 6,35	R\$ 1.159.840,20
1.6	SISTEMA DE DRENAGENS E EFLUENTES				R\$ 9.227.777,30
1.6.1	Manta de Geotêxtil não tecido (200g/m²)	m²	309.380	R\$ 3,10	R\$ 959.078,00
1.6.2	Tapete drenante (Brita 4 - esp média = 0,80m)	m³	243.536	R\$ 33,20	R\$ 8.085.395,20
1.6.3	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (d = 200mm)	m	1.905	R\$ 37,50	R\$ 71.437,50
1.6.4	Caixa de passagem (0,80x0,80 de alvenaria)	unid.	5	R\$ 644,80	R\$ 3.224,00
1.6.5	Dreno vertical de gás e chorume (d = 0,60+rachão)	m	1.023	R\$ 106,20	R\$ 108.642,60
1.7	DRENAGEM SUPERFICIAL				R\$ 107.750,50
1.7.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80x0,70m)	m	3.014	R\$ 35,75	R\$ 107.750,50

1.8	INSTALAÇÕES DE APOIO E INFRAESTRUTURA				R\$ 629.178,10
1.8.1	Portaria	m²	173	R\$ 451,00	R\$ 78.023,00
1.8.2	Balança (64ton)	unid.	2	R\$ 72.500,00	R\$ 145.000,00
1.8.3	Fiscalização e Controle	m²	45	R\$ 452,00	R\$ 20.340,00
1.8.4	Administração/Vestiário/Refeitório	m²	299	R\$ 452,00	R\$ 135.148,00
1.8.5	Garagem	m²	260	R\$ 452,00	R\$ 117.520,00
1.8.6	Oficina	m²	260	R\$ 452,00	R\$ 117.520,00
1.8.7	Cerca (arame farpado e mourão a cada 5m)	m²	4.402	R\$ 3,55	R\$ 15.627,10
1.9	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES - ETE				R\$ 1.890.000,00
1.9.1	Implantação da ETE	vb	2	R\$ 945.000,00	R\$ 1.890.000,00
2	OPERAÇÃO				R\$ 37.739.782,50
2.1	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS				R\$ 22.699.645,20
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton.	4.203.638	R\$ 5,40	R\$ 22.699.645,20
2.2	COBERTURA DO ATERRO				R\$ 3.441.595,80
2.2.1	Camada de cobertura diária (esp média = 0,30m)	m³	166.464	R\$ 6,35	R\$ 1.057.046,40
2.2.2	Camada de cobertura final (esp média = 0,60m)	m³	337.972	R\$ 6,35	R\$ 2.146.122,20
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m²	108.376	R\$ 2,20	R\$ 238.427,20
2.3	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES				R\$ 339.034,60
2.3.1	Drenagem de célula de rachão	m³	434	R\$ 30,20	R\$ 13.106,80
2.3.2	Dreno vertical de gás e chorume (d = 0,60+rachão)	m	3.069	R\$ 106,20	R\$ 325.927,80
2.4	DRENAGEM SUPERFICIAL				R\$ 1.130.938,60
2.4.1	Canaleta de berma (bica corrida)	m³	868	R\$ 65,60	R\$ 56.940,80
2.4.2	Descida d'água em geocélula	m²	1.860	R\$ 563,15	R\$ 1.047.459,00
2.4.3	Caixa de passagem (1,50x1,50x1,50 de alvenaria)	unid.	24	R\$ 644,85	R\$ 15.476,40
2.4.4	Caixa de dissipação (1,50x1,50x1,50 de alvenaria)	unid.	4	R\$ 644,85	R\$ 2.579,40
2.4.5	Caixa de dissipação + encorramento (brita de d = 0,30m)	m³	10	R\$ 26,55	R\$ 265,50
2.4.6	Tubo de concreto (d = 0,70m)	m	50	R\$ 164,35	R\$ 8.217,50
2.5	MONITORAMENTO				R\$ 3.218.601,30
2.5.1	Poços de Monitoramento	m	279	R\$ 425,70	R\$ 118.770,30
2.5.2	Marcos superficiais	unid.	46	R\$ 85,10	R\$ 3.914,60
2.5.3	Piezômetros	m	248	R\$ 165,80	R\$ 41.118,40
2.5.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8hr/dia)	mês	298	R\$	R\$ 1.266.798,00

				4.251,00	
2.5.5	Monitoramento geotécnico	mês	298	R\$ 6.000,00	R\$ 1.788.000,00
2.6	<i>REVEGETAÇÃO/PAISAGISMO</i>				<i>R\$ 1.247.967,00</i>
2.6.1	Revegetação (cortina arbórea)	m²	184.884	R\$ 6,75	R\$ 1.247.967,00
2.7	<i>TRATAMENTO DE EFLUENTES</i>				<i>R\$ 3.129.000,00</i>
2.7.1	Operação da ETE	mês	298	R\$ 10.500,00	R\$ 3.129.000,00
2.8	<i>TRIAGEM DE RCD'S</i>				<i>R\$ 2.533.000,00</i>
2.8.1	Operação da central de triagem de RCD'S	mês	298	R\$ 8.500,00	R\$ 2.533.000,00
SUB TOTAL GERAL					R\$ 72.973.745,80
BDI: 30%					R\$ 21.892.123,75
TOTAL GERAL					R\$ 94.865.869,55

Tabela 34 – Planilha com custos para todo o Período de Empreendimento.