

Aterro Sanitário Delta B Campinas- SP

PROJETO BÁSICO DO ATERRO DE RESÍDUOS

CLASSE II: FDS1

OUTUBRO/2009

FDS1 – Outubro 2009

São Paulo, 7 de Outubro de 2009

À

MINERAL ENGENHERIA E MEIO AMBIENTE

Rua Mourato Coelho, 90 Cj. 21

05417-000 – São Paulo / SP

At.: Engº Marcos Eduardo Zabini

Ref.: Aterro Sanitário Delta B – Campinas- SP

Projeto Básico do Aterro de Resíduos Classe II

Prezado Senhor,

Vimos através deste encaminhar o Projeto Básico do Aterro de Resíduos Classe II Delta B, Campinas-SP.

Sendo o que se apresenta para o momento, subscrevemo-nos. Atenciosamente,

Engº Francisco J. P. de Oliveira

ÍNDICE

1.	APRESENTAÇÃO.....	6
2.	ASPECTOS FÍSICOS	7
2.1.	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	7
2.2.	CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS	8
2.3.	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	10
2.4.	CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS.....	10
2.5.	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	11
3.	ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS	13
3.1.	ENSAIOS DE CAMPO.....	14
3.1.1.	SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO.....	14
3.1.2.	ENSAIOS GEOFÍSICOS	15
3.2	ENSAIOS DE LABORATÓRIO	17
3.3	ANÁLISE DE ESTABILIDADE	19
4.	ESTRUTURAS A SEREM APROVEITADAS DO ATERRO DELTA A	25
5.	BALANÇO DE TERRA E VIDA ÚTIL.....	27
5.1.	DESCRIÇÃO DO ATERRO PROPOSTO	27
5.2.	CÁLCULO DE VIDA ÚTIL DO ATERRO.....	28
5.3.	BALANÇO DE TERRA.....	29
6.	BALANÇO HÍDRICO.....	30
7.	MEMORIAL DESCRITIVO.....	41
7.1.	SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA ÁREA	41
7.1.1.	ATERRO DE REGULARIZAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE.....	41
7.1.2.	GEOCOMPOSTO IMPERMEABILIZANTE - GCL.....	42
7.1.3.	DRENO TESTEMUNHO.....	43
7.1.4.	GEOMEMBRANA DE PEAD	43
7.2.	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E LÍQUIDOS PERCOLADOS	44
7.3.	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	45

8.	MEMORIAL DE CÁLCULO.....	47
8.1.	SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	47
8.1.1.	VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DA MANTA DE PEAD.....	47
8.1.2.	VERIFICAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA NO TRECHO INCLINADO.....	48
8.2.	SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E PERCOLADOS.....	50
8.3.	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL.....	54
8.3.1.	INTENSIDADE DE CHUVA CRÍTICA.....	54
8.3.2.	PROJETO HIDRÁULICO DOS ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL.....	57
9.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS	63
9.1.	LIMPEZA DO TERRENO.....	63
9.2.	IMPLANTAÇÃO DOS ACESSOS.....	63
9.3.	ATERRO DE REGULARIZAÇÃO E DIQUE DE DISPARO.....	65
9.3.1.	CARACTERÍSTICA DO SOLO A SER UTILIZADO.....	65
9.3.2.	COMPACTAÇÃO DO DIQUE DE DISPARO.....	66
9.4.	GEOCOMPOSTO IMPERMEABILIZANTE - GCL.....	67
9.5.	DRENO TESTEMUNHO.....	68
9.6.	GEOMEMBRANA DE PEAD.....	70
9.7.	ATERRO DE PROTEÇÃO TERMO-MECÂNICA.....	71
9.8.	TUBOS DE PEAD PERFURADOS.....	72
10.	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL.....	75
10.1.	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO.....	75
10.2.	MONITORAMENTO AMBIENTAL.....	77
10.2.1.	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	77
10.2.2.	ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	77
11.	PLANO DE RECEBIMENTO DOS RESÍDUOS.....	78
11.1.	DESCRIÇÃO DAS FONTES GERADORAS.....	78
11.2.	RECEPÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	79
11.3.	PLANO DE RECEBIMENTO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS.....	80
11.3.1.	DOCUMENTAÇÃO REQUERIDA NA ENTRADA DO ATERRO.....	80
11.3.2.	FICHA DE CONTROLE DOS RESÍDUOS NA ENTRADA DO ATERRO.....	82

11.4.	PROCEDIMENTOS REFERENTES À AMOSTRAGEM DE RESÍDUOS	83
12.	OPERAÇÃO DO ATERRO.....	86
13.	PLANILHA DE QUANTITATIVOS, CUSTOS E CRONOGRAMA.....	90
	ANEXOS A – PROJETOS	93
	ANEXOS B – ARQUIVOS ESTABILIDADE	94
	ANEXOS C – RELATÓRIO DE ENSAIOS GEOFÍSICOS.....	95
	ANEXOS D – RELATÓRIO DE ENSAIOS GEOTÉCNICOS	96
	ANEXOS E – ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS.....	97
	ANEXOS F – CATÁLOGOS DO EQUIPAMENTO CAT 816F.....	98

1. APRESENTAÇÃO

O projeto em questão trata da concepção e construção do Aterro Sanitário Municipal Delta B, planejado para substituir o atual Aterro Sanitário Delta A que recebe, atualmente, os resíduos sólidos do Município de Campinas-SP e que está com sua vida útil em processo de encerramento.

Os resíduos a serem dispostos no Aterro Sanitário Municipal Delta B serão tanto de origem domiciliar, como provenientes de estabelecimentos comerciais, industriais (Classe II A – não inertes) e de construções (Classe II B - inertes), com o objetivo de dar destinação final dos resíduos provenientes das mais diversas fontes em condições sanitárias adequadas. Além disso, o aterro também deverá receber lodo de ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) e os resíduos do serviço de saúde (hospitalar) previamente tratado no sistema de microondas já existente.

O Aterro Delta B também contará com a utilização de toda infra-estrutura existente no Aterro Delta A, havendo um projeto de interligação viária dos mesmos.

2. ASPECTOS FÍSICOS

2.1. Localização Geográfica

A gleba escolhida para o novo aterro, já instituída de utilidade pública, pelo Decreto Municipal nº 14.248 de março de 2003, avizinha-se do aterro atual e tem como limites físicos, o Ribeirão das Cabras na porção sul, a faixa de domínio da linha férrea na porção leste e a cerca de propriedade particular anexa, no perímetro a norte e oeste.

Com uma extensão total de aproximadamente 395.582 m² essa gleba apresenta condição topográfica característica para aterros de encosta, com o ponto mais baixo próximo da cota 580 m, a jusante do córrego limítrofe e com o ponto mais alto próximo da cota 650 m, no limite da porção noroeste. A Foto 2.1-1 apresenta uma vista geral da área.



Foto 2.1-1 – Vista geral da área a pretendida para implantação do Delta B

O Aterro Sanitário Delta A tem como acesso a Estrada Vicinal CAM-331, a qual se interliga à Av. John Boyd Dunlop. A área do aterro apresenta como limites, além da referida estrada, um ramal ferroviário da FEPASA e um córrego.



Figura 1: Vista da gleba prevista para o aterro Delta B..

2.2. Características Hidrográficas

A região do Complexo DELTA está situada na bacia do rio Piçarrão (ou do Castelo) e é drenada no sentido Oeste pelo Ribeirão das Cabras, e margem direita do rio Piçarrão.

O terreno onde se encontra o Aterro Sanitário Delta A corresponde às vertentes da margem esquerda do Ribeirão das Cabras. Já as vertentes da margem direita correspondem aos terrenos onde se pretende implantar o Aterro Sanitário Delta B.

A rede de drenagem situada a montante da região do Complexo Delta, encontra-se organizada em sub-bacias que compõem uma grande bacia de contribuição, que se estende em superfície além dos limites da Ferroban (divisa leste do Complexo Delta) e mesmo da faixa de domínio da Rodovia dos Bandeirantes, situada ainda mais à montante.

As rochas sedimentares do Grupo Tubarão predominam totalmente na área e representam o que é denominado comumente de “aquífero sedimentar”. Entretanto, sua baixa permeabilidade decorrente de sua composição essencialmente siltico-argilosa, faz com que possua baixa permeabilidade primária nesse tipo de rocha. A ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão.

Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas do Grupo Tubarão. Ensaio de infiltração desenvolvidos no local indicaram um coeficiente de permeabilidade da ordem de 4×10^{-5} cm/s.

Objetivando mensurar o nível potenciométrico local, bem como localizar as atividades desenvolvidas, inicialmente foi efetuado um levantamento topográfico das atividades realizadas na área, obtendo-se as coordenadas e as cotas dos poços de monitoramento instalados.

Com o auxílio de um medidor elétrico foi efetuada a medição dos níveis d'água (N.A.) nos poços de monitoramento, determinando-se a profundidade do N.A. em cada ponto. O conjunto dos níveis potenciométricos pontuais de uma determinada área reflete a superfície potenciométrica.

No Quadro 2.2-1 são apresentados os dados potenciométricos dos poços de monitoramento.

Quadro 2.2-1 – Relação das cotas dos poços e das cargas medidas.

Ponto	Cota	NA (m)	Cota NA (m)
	Terreno (m)	Out/09	Out/09
PM-01	640,1	22,42	617,68
PM-02	616,1	1,25	614,85
PM-03	600,6	0,39	600,21
PM-04	600,5	4,26	596,24
PM-05	647,7	38,26	609,49

2.3. Características Climáticas

A região em estudo localiza-se em latitudes subtropicais, possuindo clima quente, chuvoso, com chuvas de verão e secas no inverno. A topografia deve influir significativamente no clima, visto tratar-se de uma região entrecortada por vales e montanhas. Durante o ano a região é invadida por sistemas extratropicais associados à massa de ar frio, provenientes do sul do continente, que provocam as baixas temperaturas no inverno, precipitações no outono e primavera e incidência de ventos do quadrante sul.

O período chuvoso inicia em setembro, atinge o máximo em dezembro, janeiro e fevereiro, e praticamente termina em maio. O período de junho, julho e agosto é o mais seco, participando apenas com 7,5% do total de chuva anual, dezembro, janeiro e fevereiro apresentam-se como os meses mais chuvosos participando com 50,3% do total anual.

2.4. Características Geomorfológicas

A área em apreço insere-se na borda oriental da Depressão Periférica, feição geomorfológica maior, a qual corresponde à faixa de ocorrência das seqüências sedimentares infra-basálticas paleozóicas e mesozóicas do Estado de São Paulo, incluindo ainda áreas descontínuas de corpos intrusivos, sob a forma de diques e

“sills” de diabásio (IPT, 1981). O local, inclusive do aterro, encontra-se na Zona do Médio Tietê e possui como relevo característico, Morrotes alongados e Espigões, caracterizado por interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. A drenagem é de média a alta densidade com padrão dendrítico e vales fechados (IPT, 1981), com exceção feita ao vale principal que abriga uma ampla calha aluvionar que atinge cerca de 200m de largura. Este vale abriga porções brejosas e está sujeito a inundações periódicas.

A linha de crista ou cumieira dos morrotes apresenta declividades baixas, entre 4% e 10% e vertentes que variam em declividade de 15% a 25%, havendo segmentos destas que excepcionalmente atingem até 35% (porção noroeste).

A área situa-se em um domínio geológico-geomorfológico que se caracteriza por uma elevada erodibilidade (ZUNQUETTE, 1987). As cabeceiras das drenagens e as vertentes desprovidas de vegetação apresentam sulcos e ravinamentos e as trilhas e estradas existentes na área e em seu entorno próximo exibem evidências de ravinamentos incipientes.

2.5. Características Geológicas

A Geologia local é representada por argilitos e siltitos, que se intercalam em camadas de espessuras milimétricas a centimétricas de arenitos finos subordinados, de cor clara variegada (creme, amarelo, marrom claro) e estratificação plano paralela.



Foto 2.5-1 – Vista do perfil geológico aflorante no local.

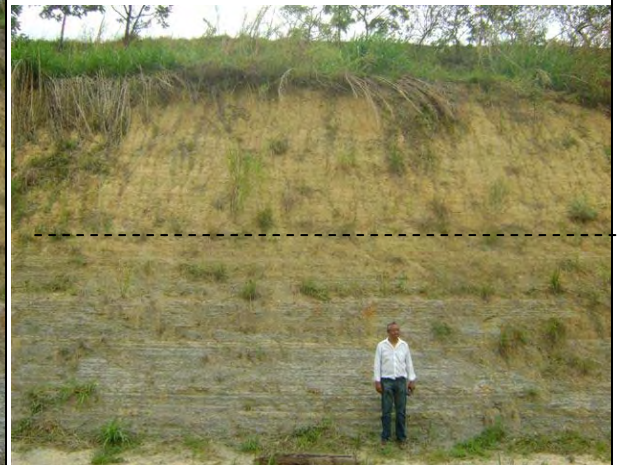


Foto 2.5-2 – Vista do perfil geológico no local evidenciando a rocha alterada com 2,5m de espessura no local.



Foto 2.5-3 – Vista em destaque da estratigrafia plano-paralela dos sedimentos.



Foto 2.5-4 – Vista do manto de alteração com vegetação desenvolvida.

O perfil local é caracterizado por uma camada métrica (aproximadamente 1m de espessura) de solo superficial pouco evoluído, argilo-arenosa, sotoposto a um estrato de rocha alterada argilo-siltosa, com até 3m de espessura. Localmente, podem ocorrer material coluvionar argilo-arenoso. Sob este material, é caracterizada a ocorrência de um solo de alteração de rocha (saprólito), também de textura argilo-siltosa e com espessura variável.

As sondagens geofísicas e geotécnicas realizadas na área do empreendimento indicam um topo rochoso a profundidades variando de 8 a 10m

3. ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Para caracterização geológico-geotécnica da área sobre a qual será construído o Aterro Delta B, foi definida a relação dos ensaios de campo e laboratório descrita na Tabela 1. Os resultados obtidos são apresentados e interpretados a seguir. A locação dos ensaios realizados são apresentadas em anexo.

Tabela 1: Relação de ensaios de campo e laboratório realizados na área do futuro Aterro Delta B.

Serviço	Quant.	Unid.
1) Caminhamentos Elétricos (5 linhas)	5	m
2) Sondagens elétricas verticais (SEV)	8	Unid.
3) Sondagens a percussão – SPT (22 furos)	114,59	m
4) Ensaios de infiltração “in situ”	5	Unid.
5) Poços de Monitoramento	5	Unid.
6) Retirada de amostras deformadas	6	Unid.
7) Qualidade dos solos superficiais (análises químicas)	5	Unid.
8) Qualidade das águas subterrâneas / superficiais	5	Unid.
9) Ensaios de laboratório:		
- limites (LL e LP)	6	Unid.
- granulometria	6	Unid.
- umidade natural	6	Unid.
- Massa específica dos grãos	6	Unid.
- proctor normal	6	Unid.
- adensamento (compactado)	6	Unid.
- compressão simples (compactado)	6	Unid.
- cisalhamento direto (compactado)	6	Unid.
- permeabilidade em laboratório (compactado)	6	Unid.

3.1. Ensaios de Campo

3.1.1. Sondagens de Simples Reconhecimento

Foram realizadas 22 sondagens de simples reconhecimento à percussão com medida do N do SPT (número de golpes/30 cm) (SP1 a SP22). Três sondagens a trado (ST) foram posteriormente realizadas próximas aos SPTs 01, 12 e 20, para coleta de amostras de solos para ensaios de laboratório.

Foram realizados 05 (cinco) ensaios de infiltração durante os SPTs 03, 04, 06, 14 e 19, conforme anexo, cujos resultados para o coeficiente de permeabilidade (k) *in situ* estão resumidos na Tabela 2, obtidos de acordo com a norma da ABNT 13969/97.

Tabela 2: Estimativa da permeabilidade *in situ* a partir de ensaios de infiltração (EPT, 2009).

Sondagem	Profundidade (m)	k (cm/s)
SPT-03	0 - 1,5	$7,5 \times 10^{-5}$
SPT-04	0 - 1,5	$6,1 \times 10^{-5}$
SPT-06	0 - 1,5	$4,3 \times 10^{-5}$
SPT-14	0 - 1,5	$3,7 \times 10^{-5}$
SPT-19	0 - 1,5	$2,8 \times 10^{-5}$

Os perfis de sondagem foram analisados de modo a obter os perfis geológico-geotécnicos da área. Foram estudadas 7 seções, locadas conforme apresentado na Folha 3, em anexo. As seções geológico-geotécnicas obtidas estão definidas em planta anexa, folha 2. Analisando-se estas seções, observa-se que, além das camadas de solos sedimentares coluvionares e aluvionares (argila arenosa), observam-se duas camadas de solo principais:

- 1) Argila siltosa amarelada, rija (SPT > 15) que aparece entre 2 e 5 m de profundidade;
- 2) Silte argiloso cinza, duro (SPT >30), que aparece abaixo dessa camada. Esta camada é um solo residual, bastante resistente, devendo servir portanto como suporte do aterro.

O nível d'água foi encontrado em apenas duas sondagens, SPTs 18 e 22, a 3,6 e 5,6 m de profundidade, respectivamente. É provável que estes níveis sejam apenas finos lençóis suspensos, não pertencentes ainda ao aquífero freático. A construção de poços de monitoramento a partir de técnicas rotativas com maior capacidade de carga para atingir o nível d'água perene confirmou esta hipótese.

3.1.2. Ensaio Geofísicos

Com o objetivo de se obter uma caracterização indireta do subsolo da área onde será implementado o aterro, foram realizados ensaios geofísicos, aplicando-se o método da eletrorresistividade (empresa GEOPESQUISA Investigações Geológicas Ltda.). Foram efetuados cinco perfis de caminhamento elétrico (CE) e oito sondagens elétricas verticais (SEV) dentro da área proposta (planta em anexo de locação das sondagens), sendo que as SEVs foram locadas em pontos próximos a execução de sondagens a trado ou ensaios SPT, de forma que se pudessem comparar os resultados geofísicos (indiretos) com a análise dos perfis obtidos através das sondagens (diretas).

Segundo interpretação tirada do relatório DOC1_PROJ131_Relatório Técnico.doc (em anexo) o modelo geoeletricos para esta área de estudo é basicamente compostos de 5 camadas geoeletricas, e interpretados segundo a descrição abaixo:

Camada 1: 0,0 a 1,0 m solo superficial de composição argilo-arenosa, com valores de resistividade variáveis de baixos (18 Ohm.m) a intermediários (30-7 ohm.m) devido as variações dos níveis dos materiais arenosos associados. Possui espessura média de 1 metro.

Camadas 2 e 3: 1,0 a 4,0 m Para a porção central da área (SEVs 01, 02 e 03) diminuição dos valores de resistividade. Para as porções margeantes (Norte - SEVs 04, 05 e 06 / Sul – SEVs 07 e 08) elevação das resistividades. Tais variações podem ser ocasionadas pelas variações dos níveis dos materiais arenosos e siltsos associados a camada argilosa. As três camadas superficiais descritas podem ser definidas como sendo do mesmo horizonte geoeletrico mapeado, no entanto com variações composicionais definidas preferencialmente por zonas

Camada 4: 8,0 a 12,0 m Queda dos valores de resistividade, de forma acentuada podendo ser associada a maiores níveis de saturação em água do perfil mapeado

Camada 5: 30,0 a 50,0 m Aumento dos valores de resistividade, em todos os pontos investigados, sendo nas SEVs mais ao Norte da área (SEVs 04 e 05) ocorrente de forma marcante. Esta camada pode ser associada ao topo da rocha, a qual apresenta variações dos níveis de alteração, os quais são justificados pelos diferentes valores de resistividade.

O relatório completo pode ser visto em anexo, a interpretação das sondagens realizadas permite concluir:

- Os resultados identificam a ocorrência de dois horizontes litológicos de características eletrorresistivas distintas, caracterizados pela cobertura de solo e a rocha constituinte do perfil, sendo delimitada também a porção saturada do perfil. Indica ainda, estruturas planares associadas ao acamamento e/ou estruturas de rupturas com direção NNE/SSW e NE/SE.
- Assim a área de modo geral, apesar de apresentar pequenas variações pode ser definida como tendo um mesmo padrão geológico, sem a identificação de forma clara de feições relevantes destoantes.

3.2 *Ensaaios de Laboratório*

Para avaliação das características geotécnicas dos solos encontrados na área, foram coletadas amostras a partir de 3 sondagens a trado, sendo 1 amostras de cada horizonte principal de solo (argila siltosa amarelada e silte argiloso cinza), totalizando 6 amostras, 3 de cada horizonte.

Com as amostras homogeneizadas e devidamente preparadas, foram realizados os seguintes ensaios geotécnicos de laboratório:

- Determinação do teor de umidade natural (NBR 6457/86);
- Determinação dos limites de liquidez e de plasticidade (NBRs 6459/84 e 7180/84);
- Análise granulométrica conjunta (NBR 7181/84);
- Determinação da massa específica dos grãos (NBR 6508/84);
- Compactação proctor normal (NBR 7182/86);
- Determinação da permeabilidade carga variável (NBR 12770/92);
- Resistência à compressão simples (NBR 6508/84);
- Resistência ao cisalhamento direto (NBR 6457/84);
- Adensamento (NBR 12007/92).

Os resultados obtidos estão resumidos na tabela 3. Próximo ao ST-01 o coeficiente de permeabilidade foi da ordem de 10^{-4} cm/s, característico de solos arenosos com finos, com elevado índice de vazios. Para as outras sondagens a trado, ST-12 e ST-20, o coeficiente de permeabilidade foi baixo (ordem de 10^{-7} cm/s), característico de solos argilosos bem graduados.

Furo	Corte	Granulometria				Descrição Táctil-Visual	Limite Atterberg			Massa Específica		Umidade Natural	Permeabilidade (cm/s)	Compactação	
		Peneiras (mm)					LL (%)	LP (%)	IP (%)	(g/cm³)				(Proctor Normal)	
		2,00	0,42	0,075	0,005					Sólidos	Natural	w (%)	K (cm/s)	γ _{s máx} (g/cm³)	h _{ót} (%)
ST-01	superior	99	99	93	25	Argila siltosa, marrom	24	15	9	2,656	1,996	13,9	1,151 x 10 ⁻⁴	1,79	13,8
ST-01	inferior	100	100	98	17	Silte argiloso, amarelo	32	19	13	2,625	1,932	18,3	1,286 x 10 ⁻⁴	1,67	18,0
ST-12	superior	100	100	90	34	Silte argiloso, amarelo	34	19	15	2,620	1,926	17,2	7,107 x 10 ⁻⁷	1,68	17,0
ST-12	inferior	100	100	89	29	Silte argiloso, amarelo	33	22	11	2,693	1,946	17,7	7,348 x 10 ⁻⁷	1,69	17,5
ST-20	superior	100	98	89	23	Argila siltosa, marrom	28	17	11	2,597	1,967	15,6	1,768 x 10 ⁻⁷	1,74	15,4
ST-20	inferior	100	98	83	24	Argila siltosa, marrom	29	16	13	2,688	1,955	14,0	3,642 x 10 ⁻⁷	1,78	14,0

Tabela 3: Resumo dos Resultados dos Ensaios Geotécnicos de Laboratório

3.3 Análise 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, o SLIDE 5.0 da Roc Science, utilizando-se o método de Bishop simplificado.

Quanto aos parâmetros de resistência adotados para os diferentes materiais, estes se encontram na Tabela 4. Para os resíduos foram adotados valores com base na experiência e características dos resíduos dispostos no Estado de São Paulo, enquanto que para os solos foram utilizados os valores dos ensaios geotécnicos, que podem ser visualizados em anexo.

Tabela 4: Parâmetros de resistência adotados para análise de estabilidade.

Material	c' (kPa)	ϕ'	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	Ru
Resíduos	16	26	09	10	0,3
Solo de Fundação 1 – Argila Siltosa	41	29	19	20	-
Solo de Fundação 2 – Silte Argiloso	54	27	19	20	-

Visando a obtenção do fator de segurança crítico para a conformação geométrica final do aterro (Planta de Lay-out final em anexo), foram analisadas 04 (quatro) seções principais de estabilidade (1 a 4), conforme apresentadas em anexo. Nas análises, considerou-se o nível d'água a partir da camada de silte argiloso residual (Solo 2),

apesar dele não ter sido encontrado durante as sondagens. Com relação aos níveis piezométricos existentes no interior da massa de resíduos, considerou-se o fator de poro-pressão (R_u), que indica de maneira homogênea a distribuição das poro-pressões no interior da mesma.

Os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 5 a 12, e estão resumidos na Tabela 5. Como padrão, optou-se pela utilização dos critérios recomendados pelo ICOLD – International Commission on Large Dams, que recomenda para barragens de grande porte, situadas a montante de regiões habitadas, um fator de segurança mínimo contra o escorregamento de taludes, para situação de solicitação de longo prazo, igual a 1,5.

Destaca-se que para todas as seções estudadas obtivemos fatores de segurança maior ou igual a 1,5, valor considerado satisfatório e estável.

Tabela 5: Fatores de segurança para as seções de estabilidade estudadas.

Seção	FS
1 A	2,393
1 B	2,086
2 A	1,493
2 B	2,446
3 A	1,662
3 B	1,764
4 A	1,976
4 B	3,897

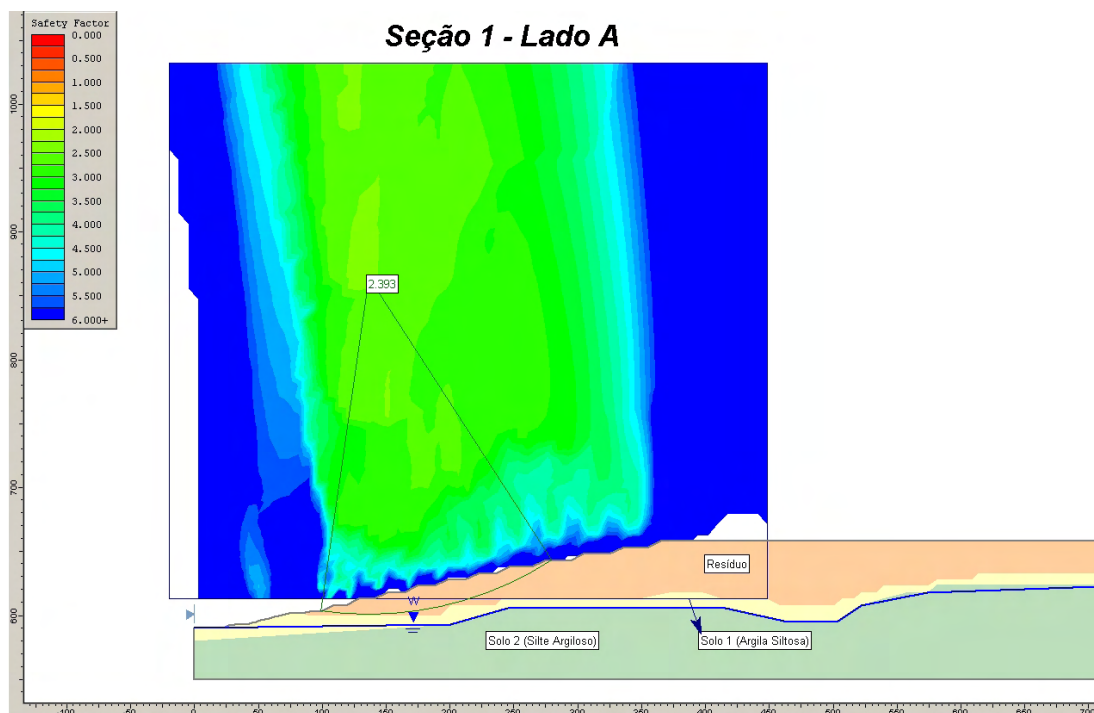


Figura 2: Análise de estabilidade para Seção 1 – Lado A.

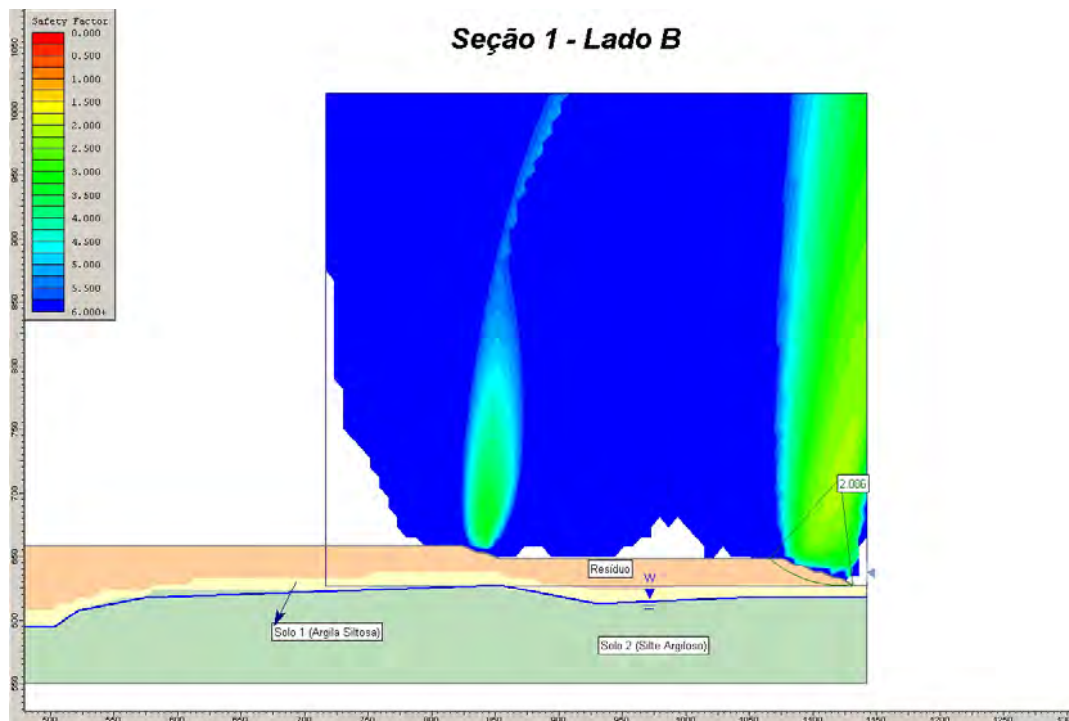


Figura 6: Análise de estabilidade para Seção 1 – Lado B.

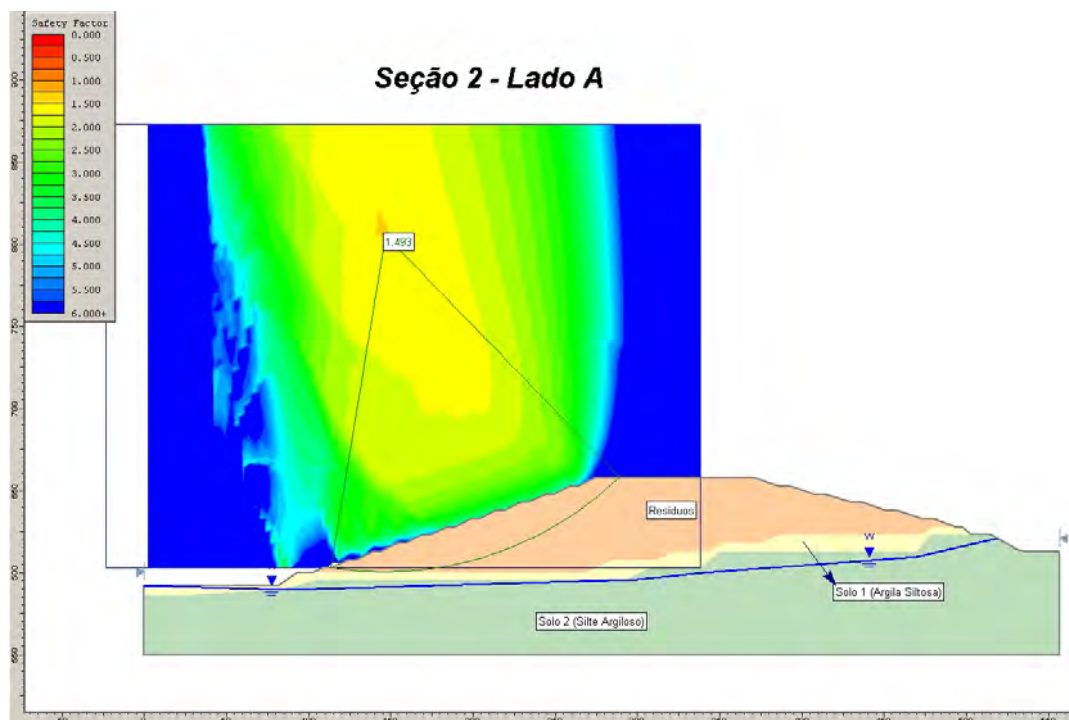


Figura 7: Análise de estabilidade para Seção 2 – Lado A.

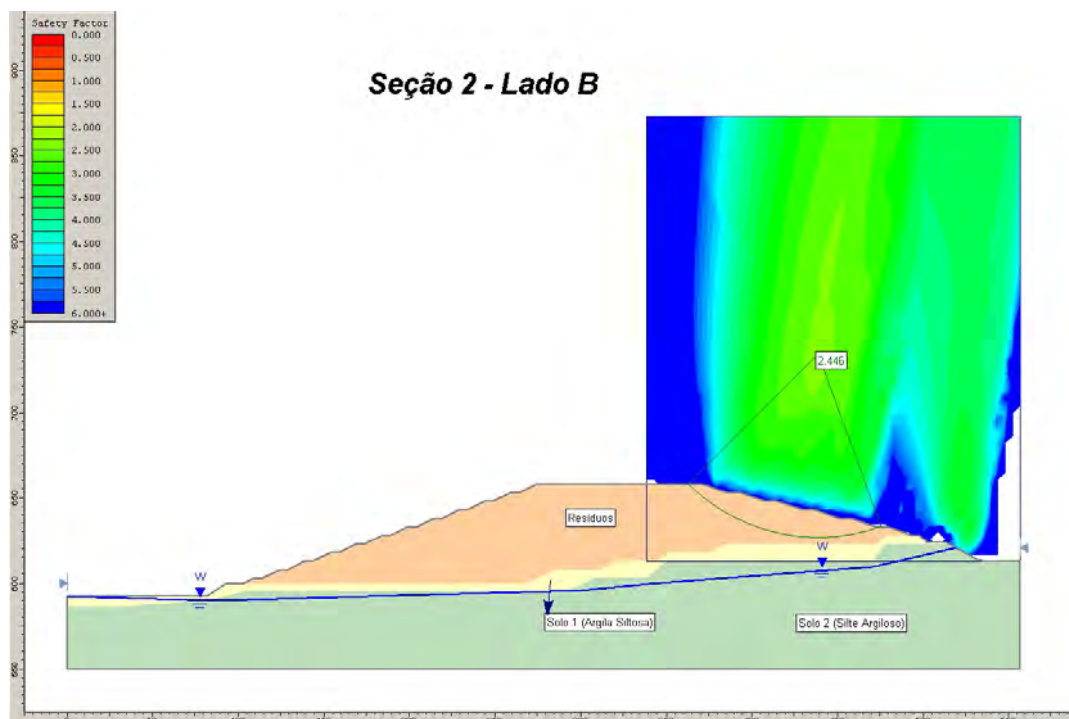


Figura 8: Análise de estabilidade para Seção 2 – Lado B.

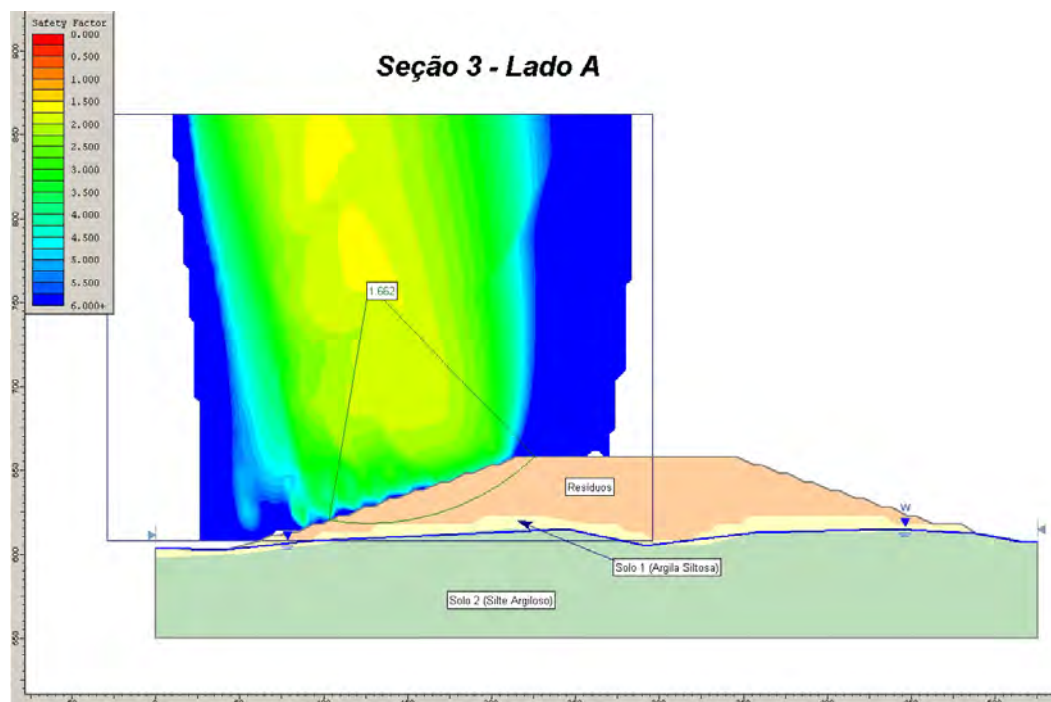


Figura 9: Análise de estabilidade para Seção 3 – Lado A.

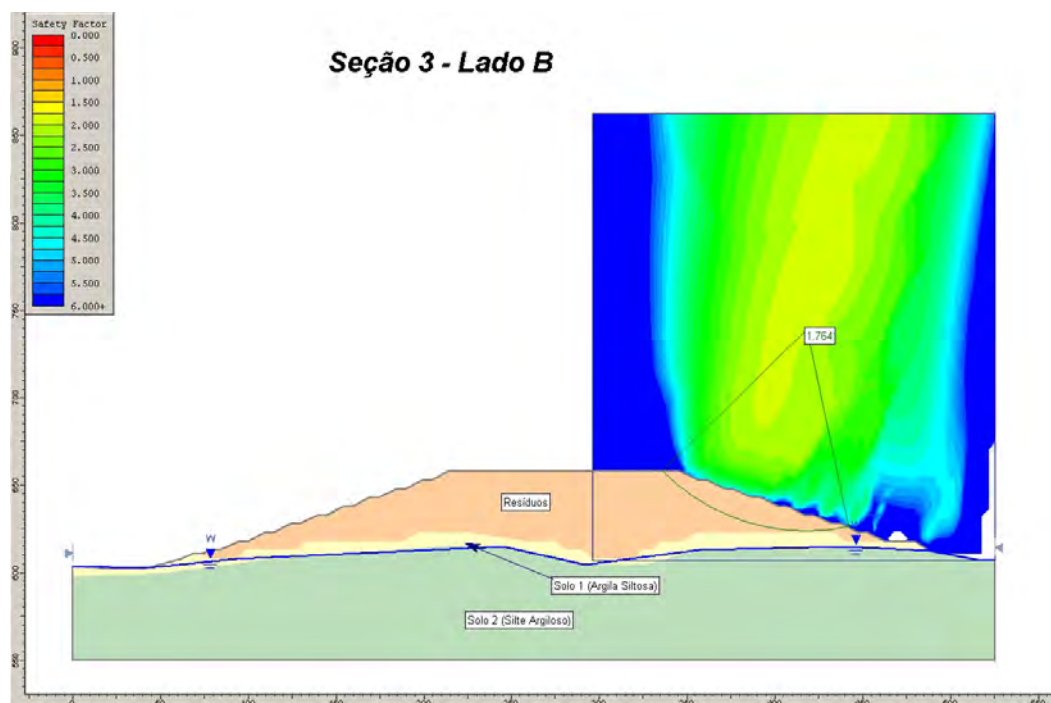


Figura 10: Análise de estabilidade para Seção 3 – Lado B.

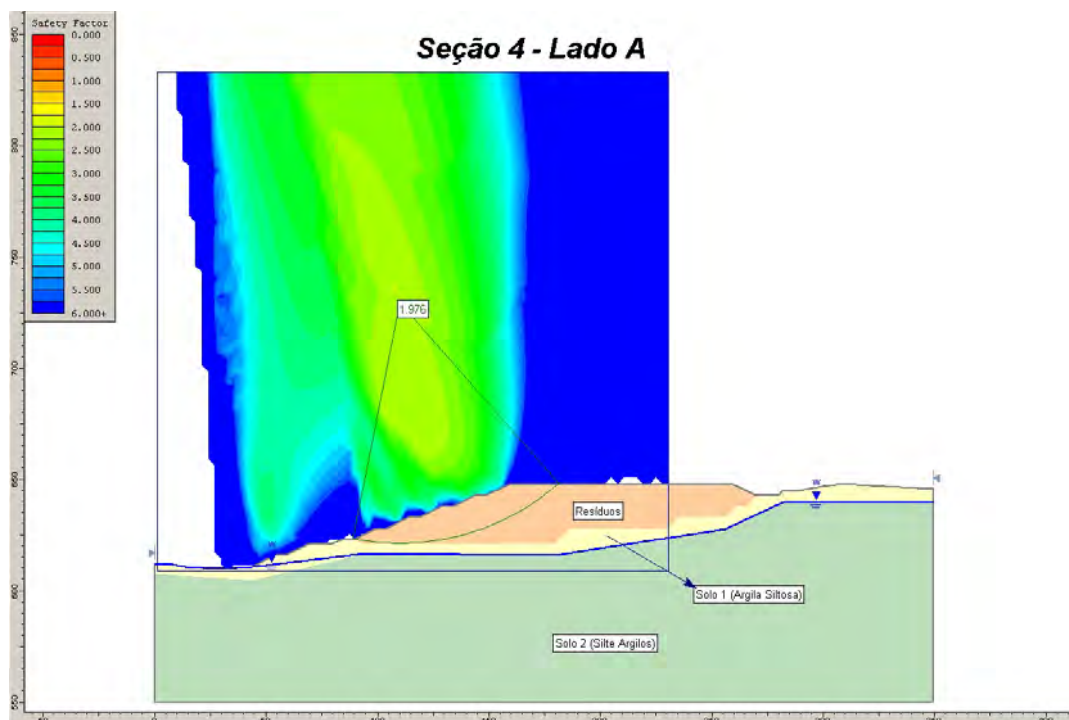


Figura 11: Análise de estabilidade para Seção 4 – Lado A.

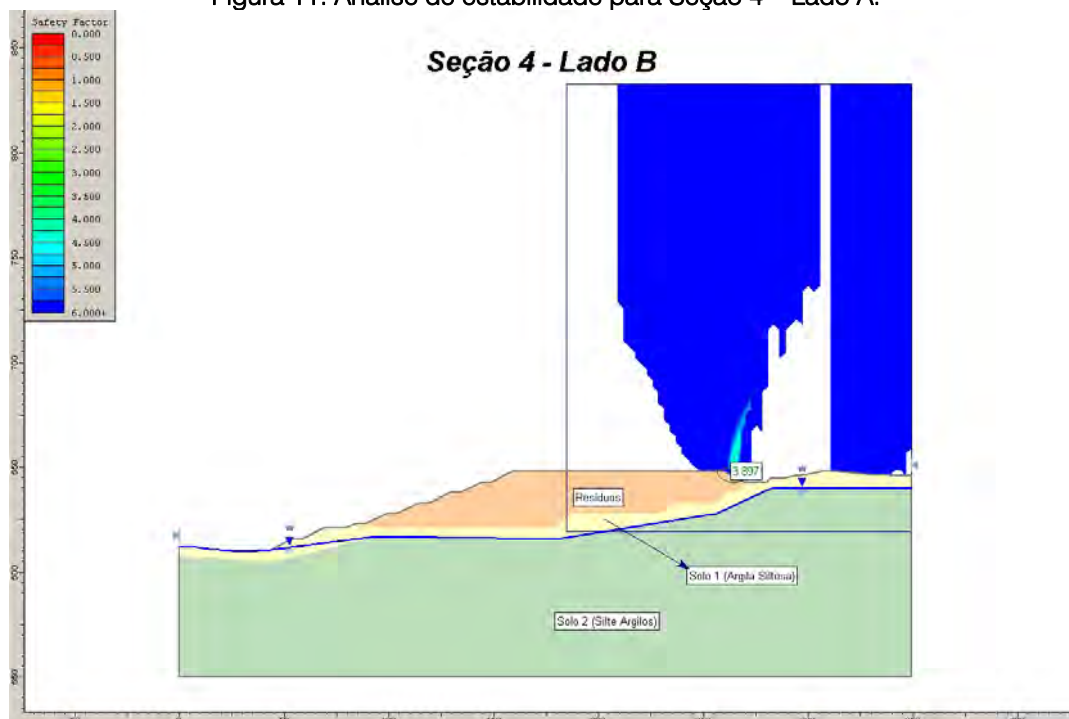


Figura 12: Análise de estabilidade para Seção 4 – Lado B.

4. ESTRUTURAS A SEREM APROVEITADAS DO ATERRO DELTA A

Desde a concepção do Aterro Sanitário Delta A (Arquiteto Pedro Tadei e Associados, 1992 - EIA), já estava prevista a aquisição do terreno adjacente para construção do Aterro Sanitário Delta B quando da proximidade do encerramento do Aterro Delta A.

O Aterro Delta A é composto dos seguintes elementos:

- Sistema de drenagem superficial;
- Sistema de drenagem de líquidos percolados sem geomembrana (composto apenas por drenos e solo local compactado);
- Sistema de drenagem de gases;

Para o funcionamento do Aterro Delta A foram construídos as seguintes instalações e estruturas:

- Estação de tratamento de líquidos percolados, incluindo lagoas de acumulação;
- Pátio para materiais;
- Escritórios administrativos;
- Vestiários;
- Almoxarifados;
- Refeitório;
- Ambulatório;
- Viveiro de mudas;
- Galpão de tratamento de resíduo hospitalar;

- Guarita;
- Canil;
- Balança.

Conforme previsto inicialmente no Estudo de Impacto Ambiental (EIA, 1992), o acesso para a área Delta B se dará através da área Delta A. Deste modo, todas as instalações descritas acima e já existentes no Aterro Delta A deverão ser utilizadas e aproveitadas para operação do Aterro Delta B. Nas plantas em anexo podemos visualizar a localização e as estruturas existentes.

Para a construção e operação do Aterro Delta B a única estrutura que deverá ser reconstruída é o pátio de equipamentos e oficina de forma a minimizar os deslocamentos e conseqüente desgaste destes. Este pátio e oficina também estão locados e no projeto em anexo.

Também está prevista a construção de uma passagem entre os aterros Delta A e B, composto de uma pista de aproximadamente 45 metros de comprimento com 10 metros de largura. Para a passagem do Ribeirão das cabras foi previstos dois tubos de concreto de 2 metros de diâmetro. O detalhe pode ser visualizado em anexo na planta de acessos.

5. BALANÇO DE TERRA E VIDA ÚTIL

5.1. Descrição do Aterro Proposto

O empreendimento proposto ocupará um terreno com área total de aproximadamente 390.000,00m² (projeção plana). A poligonal da área necessária para implantação do aterro sanitário pode ser visualizada na Planta de Base Topográfica, em anexo, e é delimitada pelos pontos:

- o N: 7.465.515,54 E: 280.487,39
- o N: 7.465.560,08 E: 280.274,02
- o N: 7.465.473,74 E: 280.205,19
- o N: 7.465.195,89 E: 280.091,41
- o N: 7.464.903,74 E: 279.836,21
- o N: 7.464.542,42 E: 279.666,31
- o N: 7.464.629,75 E: 280.213,82
- o N: 7.464.679,53 E: 280.288,89
- o N: 7.465.515,54 E: 280.487,39
- o N: 7.465.515,54 E: 280.487,39

A área que compreenderá o aterro de resíduos Classe II será de 285.000,00 m² aproximadamente, com tipologia construtiva de aterro celular. A cota inferior mínima corresponde a 600 m e a cota superior máxima é de 658 m para as 5 etapas, conforme apresentado nos projetos de lay-out geral e etapas do aterro.

Sua concepção básica será composta por 12 células, em 5 etapas, a serem construídas no sentido norte-sul e oeste-leste, com capacidade volumétrica total de aproximadamente 5.000.000,00 m³ de resíduos, sem considerar o adensamento dos

resíduos ao longo do tempo de operação. Em anexo no projetos são apresentados as plantas de layout de todas as etapas.

5.2. Cálculo de Vida Útil do Aterro

Para o cálculo da vida útil, foi considerada a taxa atual de recebimento de resíduos no aterro Delta A, de 850 ton/dia. Essa taxa equivale a uma geração de 0,80 kg de lixo por habitante por dia. Mantendo esta relação constante e o crescimento da população em 1,59 % (IBGE, 2008), chega-se a uma vida útil de 17 anos e meio para o Aterro Delta B (Tabela 6), com previsão de funcionamento, portanto, até meados 2028. Para o cálculo, foi considerando o peso específico dos resíduos compactados no aterro de 9 kN/m³ e uma porcentagem de recalque equivalente a 30 % do volume total do aterro, devido ao processo de decomposição e adensamento do mesmo.

Tabela 6: Projeção da população e das quantidades de resíduos Classe II gerados para o município de Campinas-SP em 18 anos.

Vida útil anos	Ano	População Estimada	Per Capita kg/dia	RSU gerado ton/dia	RSU gerado ton/ano	RSU acumulado m ³
1	2.012	1.095.307	0,8	876	319.829,64	355.366
2	2.013	1.112.723	0,8	890	324.915,12	716.383
3	2.014	1.130.415	0,8	904	330.081,18	1.083.140
4	2.015	1.148.389	0,8	919	335.329,59	1.455.728
5	2.016	1.166.648	0,8	933	340.661,22	1.834.241
6	2.017	1.185.198	0,8	948	346.077,82	2.218.772
7	2.018	1.204.042	0,8	963	351.580,26	2.609.416
8	2.019	1.223.187	0,8	979	357.170,60	3.006.273
9	2.020	1.242.635	0,8	994	362.849,42	3.409.439
10	2.021	1.262.393	0,8	1010	368.618,76	3.819.015
11	2.022	1.282.465	0,8	1026	374.479,78	4.235.104
12	2.023	1.302.856	0,8	1042	380.433,95	4.657.808
13	2.024	1.323.572	0,8	1059	386.483,02	5.087.234
14	2.025	1.344.617	0,8	1076	392.628,16	5.523.487

Vida útil anos	Ano	População Estimada	Per Capita kg/dia	RSU gerado ton/dia	RSU gerado ton/ano	RSU acumulado m³
15	2.026	1.365.996	0,8	1093	398.870,83	5.966.677
16	2.027	1.387.715	0,8	1110	405.212,78	6.416.913
17	2.028	1.409.780	0,8	1128	411.655,66	6.874.309
18	2.029	1.432.195	0,8	1146	418.200,99	7.338.976

5.3. Balanço de Terra

Apresenta-se na tabela 8, o balanço de terra para a implantação e operação do aterro sanitário.

Tabela 8 - Balanço de terra.

Descrição	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Total
Área (m²)*	51.399	84.133	66.828	132.472	72.603	285.480
Volume Útil para Resíduo (m³)	338.900	867.450	626.750	2.384.200	854.450	5.071.750
Volume Escavado (m³)	90.221	139.868	454.554	143.402	138.970	967.014
Volume Aterrado (m³)	-	36.835	-	-	47.570	84.405
Volume utilizado para o Dique de Partida (m³)	9.966	7.590	9.933	-	6.039	33.528
Volume Utilizado para Cobertura e Acessos (m³)	37.279	95.420	68.943	262.262	93.990	557.894
Volume de Solo Excedente (m³)	42.976	23	375.678	-118.860	-8.630	291.187

*A soma total de todas as etapas não é igual ao total, pois as etapas se sobrepõem.

Foi considerado que os volumes referentes às escavações das áreas de implantação do aterro de resíduos serão utilizados para a cobertura dos resíduos e até mesmo para a execução dos aterros de impermeabilização, desde que atendam aos requisitos técnicos. O volume de solo excedente poderá e deverá ser utilizado na finalização da operação do Aterro Delta A (cobertura e regularização do aterro).

6. *BALANÇO HÍDRICO*

Admitindo como premissa básica de projeto que não haja infiltração de chorume pela base e pelas paredes laterais do aterro, então é possível realizar o balanço hídrico para o aterro da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Água entrada} &= \text{Água saída} + \text{Água retida} \\ \downarrow \\ (P + U_w) &= (ES + ETR + R + G + L) + (\Delta U_w) \end{aligned}$$

Onde:

Vazões afluentes:

P - Precipitação;

U_w - Água proveniente da umidade natural dos resíduos sólidos (entre 40% a 60% em média);

Vazões efluentes:

ES - Escoamento Superficial;

ETR – Evapotranspiração Real;

R – Água consumida nas reações químicas;

G - Vapor d'água eliminado com os gases;

L - Água que sai como percolado;

Volume de percolado retido no aterro:

ΔU_w - Água absorvida ou retida pelo lixo.

Ressalta-se que mesmo metodologias mais sofisticadas, como o programa *HELP* da *United States Environmental Protection Agency*, conduzem estimativas de geração de líquidos percolados com grande discrepância em relação aos dados observados a partir de monitoramentos em campo.

Precipitação - P

Os dados de série histórica de precipitação, apresentados a seguir, foram obtidos através do banco de dados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da Unicamp, cuja série histórica é de 20 anos (1988 a 2008). Na tabela 9 é apresentada a serie histórica das médias mensais para precipitação, sendo a média histórica anual de 1.411,5 mm.

Tabela 9: Precipitação - Médias mensais e total anual (<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>).

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	269,1
Fevereiro	208,7
Março	165,2
Abril	61,6
Maio	62,8
Junho	36,8
Julho	44,8
Agosto	22,6
Setembro	62,5
Outubro	126,2
Novembro	155,7
Dezembro	195,5
Média Anual	1.411,5

Água Proveniente da Umidade Natural dos Resíduos - U_w

Esta parcela foi quantificada como uma porcentagem média da massa dos resíduos, definida como sendo 50%.

Escoamento Superficial - ES

A parcela de escoamento superficial é estimada com base nos coeficientes sugeridos pela CETESB (1979), conforme apresentado na tabela 10.

Tabela10: Coeficiente de escoamento superficial para cobertura de Aterro de Resíduos Classe II.

Tipo de solo	Declividade %	Coeficiente C'	
		Est. Seca	Est. Úmida
Arenoso	0 a 2	0,17	0,34
	2 a 7	0,34	0,50
Argiloso	0 a 2	0,33	0,43
	2 a 7	0,45	0,55

Fonte: CETESB (1979).

Para o município de Campinas, foi considerado solo argiloso e estações secas entre os meses de Abril a Setembro, quando a pluviometria mensal acumulada é inferior a 90 mm/mês. Quando a pluviometria mensal acumulada é inferior 45 mm/mês, foi considerado que toda a água precipitada é infiltrada no solo, como no presente caso ocorreu com os meses de Junho, Julho e Agosto.

Evapotranspiração real - ETR

Nos meses em que a Infiltração é maior que a Evapotranspiração Potencial, a Evapotranspiração Real é igual à Potencial.

$$ETR = ETP \quad \text{para } I-ETP > 0, \text{ onde } I = P-ES;$$

Nos meses em que a Infiltração (I) é menor que a Evapotranspiração Potencial, a Evapotranspiração Real depende da quantidade de água armazenada na cobertura de solo (ΔAS).

$$ETR = ETP + [(I-ETP)-\Delta AS] \quad \text{para } I-ETP < 0.$$

A Evapotranspiração Potencial foi estimada através de método baseado na temperatura do ar, desenvolvido por THORNTHWAITE & MATHER (1955) e adaptado por ROLIM e SENTELHAS (1999).

Os dados de temperatura média do ar foram obtidos através dos dados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da Unicamp, cuja série histórica é de 20 anos (1988 a 2008), sendo estes considerados como a média para o Município de Campinas.

A equação básica da evapotranspiração potencial é apresentada a seguir:

$$ETP = F_c \cdot 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{T}{I}\right)^a$$

Onde:

ETP: Evapotranspiração Potencial para meses de 30 dias e duração de 12 horas (mm/mês);

T: temperatura média do ar (°C);

F_c: Fator de correção em função da latitude e mês do ano.

I: Parâmetro de cálculo;

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5}\right)^{1,514}$$

t_i: Temperatura do mês analisado (°C);

a: Parâmetro de cálculo;

$$a = 67,5 \cdot 10^{-8} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$$

Já o cálculo da ETR considerando o grau de umidade do solo consiste na determinação dos seguintes parâmetros:

I-ETP: Recarga (com potencial percolação) ou Retirada Potencial de água na camada de cobertura do Aterro de resíduos classe II.

Σ NEG (I-ETP): Perda potencial de água acumulada, que corresponde a soma dos valores negativos de I-ETP.

AS - Armazenamento de água na camada de solo do Aterro de resíduos classe II, obtido em função de Σ NEG (I-ETP);

Δ AS: Variação da quantidade mensal de água armazenada na cobertura de solo;

Na simulação proposta, foi considerada a capacidade de campo em função do tipo de solo, conforme apresentado na tabela 11.

Tabela 11: Capacidade de Campo para alguns tipos de solo (adimensional)

TIPO DE SOLO	CAPACIDADE DE CAMPO	PONTO DE MURCHAMENTO	ÁGUA DISPONÍVEL
Solo Arenoso	200	50	150
Solo Siltoso	300	100	200
Solo Argiloso	375	125	250

Fonte: CETESB (1979).

A determinação da ETR foi feita para valores médios de temperatura e precipitação. A figura 13, a seguir, apresenta os resultados obtidos a partir desta simulação.

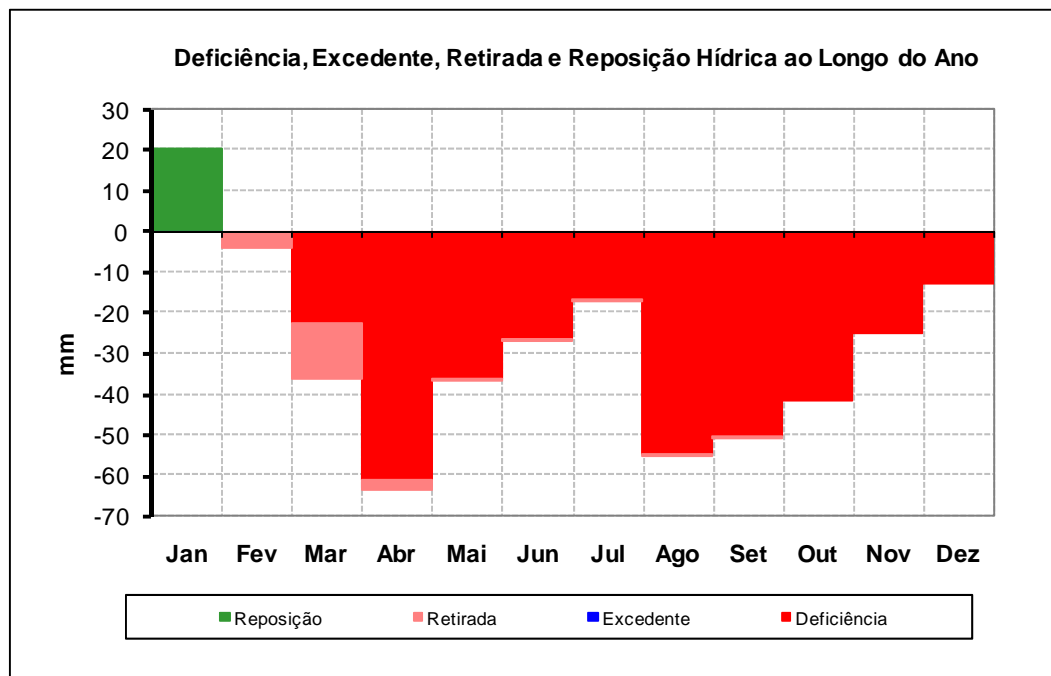
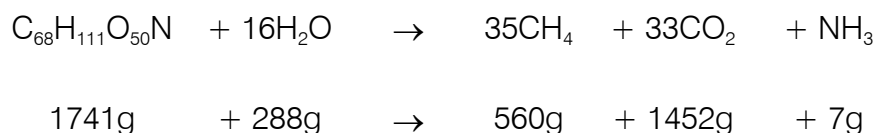


Figura 13: Simulação do Balanço Hídrico para a Região do Aterro de Resíduos Delta B de Campinas.

Consumo nas reações químicas - R

A decomposição da matéria orgânica se processa através do consumo de água. A determinação desta parcela pode se basear na seguinte equação de balanço de massa da decomposição da matéria orgânica facilmente biodegradável, segundo TCHOBANOGLIOUS (1993):



Desta equação é obtido o consumo de água em função da matéria orgânica:

$$\text{Consumo de água} = \frac{1741}{288} = 16,54 \% \text{ da matéria orgânica seca.}$$

A porcentagem de matéria orgânica facilmente biodegradável presente nos resíduos (cerca de 70%) a serem dispostos no aterro foi baseada em estudos de composição gravimétrica realizados pela Prefeitura de São Paulo (IPT/CEMPRE, 2000).

As condições ambientais de temperatura e umidade para decomposição da matéria orgânica neste aterro são consideradas favoráveis, podendo ser utilizado modelo triangular para a taxa de decomposição desta matéria orgânica com pico no segundo ano e decomposição total em cinco anos, conforme apresentado na figura 14.

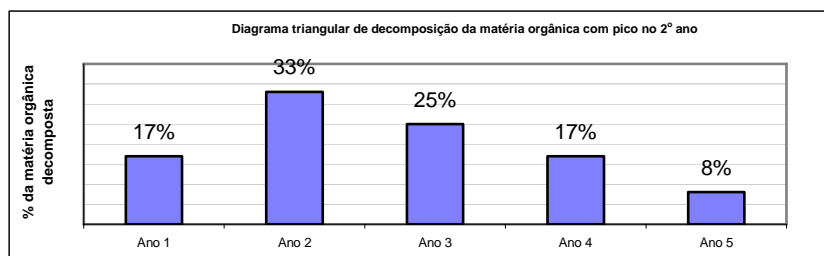


Figura 14: Diagrama triangular da decomposição da parcela de matéria orgânica facilmente biodegradável.

No presente estudo a matéria orgânica corresponde a 60%, sendo que somente 30% desta parcela foram consideradas facilmente biodegradáveis, passível de ser computada através do diagrama de decomposição citado anteriormente. O restante (70%) corresponde à umidade presente na matéria orgânica e matéria orgânica dificilmente biodegradável.

Eliminação de água junto ao biogás - G

O biogás gerado em aterros sanitários normalmente é saturado com vapor d'água. Portanto a quantidade de água perdida na forma de vapor pode ser estimada através da equação de estado do gás ideal, como se segue:

$$pV = nRT$$

Onde:

p: Pressão de vapor em função da temperatura. Foi adotado o seguinte valor:

$$p = 7,5 \text{ KN/m}^2 \text{ a } 40^\circ\text{C}.$$

V: Volume;

n: Número de moles contidos na massa fluida;

R: constante universal dos gases;

$$R = 8,314 \text{ N.m.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

T: Temperatura absoluta em Kelvin. Foi adotado o seguinte valor:

$$T = 313^\circ\text{K (o mesmo que } 40^\circ\text{C)}$$

Através destes dados calcula-se a massa de água em função do volume de gases gerados no Aterro.

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{7,5 \cdot 1000}{8,314 \cdot 313} = 2,88209 \text{ mol de H}_2\text{O/m}^3 \text{ de gás}$$

Foram considerados somente os gases CO_2 e CH_4 . A parcela referente a NH_3 foi omitida, por ser considerada pequena sobre as demais. Além disso, nem todo o biogás gerado é passível de ser coletado pelo sistema de drenagem.

Água absorvida ou retida pelo maciço de resíduos - ΔU_w

A água retida pelo maciço de resíduos representa o montante de água acumulado no aterro de resíduos classe II, resistente à ação da gravidade. Parte deste montante está

temporariamente retido, acima da capacidade de campo, e deverá ser coletado pelo sistema de drenagem de percolado.

A capacidade de campo para os resíduos varia em função do seu peso específico. Já o peso específico varia em função da altura de sobre-aterro em cada camada de resíduos.

Com base na experiência em monitoramento de aterros sanitários foi estabelecido um indicador de teor de umidade para representar a quantidade retida pelo maciço de resíduos.

Água que sai como percolado - L

Através do cálculo das parcelas citadas anteriormente foi possível fazer uma previsão da vazão de percolado durante a construção e operação do aterro, levando-se em consideração a demanda de resíduos a serem depositados durante a vida útil prevista e o balanço hídrico da região, resultando numa vazão média prevista de percolado da ordem de 1,25 L/s, com máxima de **1,81 L/s**, conforme apresentado na planilha resumo abaixo. Para efeito de dimensionamento do sistema de drenagem de percolados, será considerada a vazão máxima total de **1,81 L/s**, para todas as etapas previstas em projeto.

Tabela 12: Resumo dos resultados do Balanço Hídrico realizado para o município de Campinas-SP.

BALANÇO HÍDRICO - CAMPINAS / SP

Descrição	Sigla	Und.	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Informações auxiliares																							
Área do Aterro Sanitário	A	m ⁷	51.399	122.557	122.557	122.557	171.303	171.303	171.303	223.874	223.874	223.874	223.874	223.874	223.874	223.874	285.480	285.480	285.480	285.480	285.480	285.480	285.480
Coefficiente de Escoamento Superficial	C'		0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Massa de resíduos aterrados																							
Resíduos Classe II	RSU	ton	319.830	324.915	330.081	335.330	340.661	346.078	351.580	357.171	362.849	368.619	374.480	380.434	386.483	392.628	398.871	405.213	411.656	-	-	-	-
Vazões afluentes																							
Precipitação	P	mm	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412	1.412
	P	m ³	72.550	172.989	172.989	172.989	241.794	241.794	241.794	315.998	315.998	315.998	315.998	315.998	315.998	315.998	402.955	402.955	402.955	402.955	402.955	402.955	402.955
Umidade natural dos resíduos	U _n	%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%
	U _n	m ³	159.915	162.458	165.041	167.665	170.331	173.039	175.790	178.585	181.425	184.309	187.240	190.217	193.242	196.314	199.435	202.606	205.828	0	0	0	0
Vazões efluentes																							
Escoamento Superficial Direto	ES	m ³	28.113	67.033	67.033	67.033	93.695	93.695	93.695	122.449	122.449	122.449	122.449	122.449	122.449	122.449	156.145	156.145	156.145	156.145	156.145	156.145	156.145
Evapotranspiração Real	ETR	m ³	36.536	87.117	87.117	87.117	121.767	121.767	121.767	159.136	159.136	159.136	159.136	159.136	159.136	159.136	202.927	202.927	202.927	202.927	202.927	202.927	202.927
Consumo nas Reações Químicas	R	m ⁷	1.799	5.319	8.049	9.976	10.981	11.156	11.333	11.513	11.696	11.882	12.071	12.263	12.458	12.656	12.858	13.062	13.270	11.129	6.740	3.388	1.090
Eliminação junto ao biogás	G	m ⁷	29	85	129	160	176	179	182	185	188	191	194	197	200	203	207	210	213	179	108	54	18
Vazão média prevista de percolado	L	m ³	21.054	29.797	28.150	27.059	34.100	34.223	34.349	42.557	42.687	42.818	42.952	43.088	43.226	43.366	56.568	49.532	56.975	36.025	38.485	41.891	40.226
	L	L/s	0,668	0,945	0,893	0,858	1,081	1,085	1,089	1,349	1,354	1,358	1,362	1,366	1,371	1,375	1,794	1,571	1,807	1,142	1,220	1,328	1,276
Volume de percolado retido																							
Volume de percolado retido anualmente	ΔU _n	m ³	144.933	146.095	147.551	149.308	151.405	153.813	156.258	158.743	161.267	163.831	166.436	169.082	171.770	174.502	173.686	183.685	179.253	-3.450	-1.450	-1.450	2.550
Volume de percolado acumulado	ΔU _n	m ⁷	144.933	291.028	438.579	587.888	739.293	893.105	1.049.363	1.208.106	1.369.373	1.533.203	1.699.639	1.868.721	2.040.491	2.214.993	2.388.679	2.572.364	2.751.617	2.748.167	2.746.717	2.745.267	2.747.817
Teor de umidade médio			0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65

7. MEMORIAL DESCRITIVO

7.1. Sistema de Impermeabilização da Área

Para o controle da migração de percolado e dos gases gerados pelo Aterro de Resíduos, será utilizado sistema de impermeabilização da base constituído por uma camada de aterro argiloso compactado (aterro de regularização), seguido camadas de GCL (Gel Composto Impermeabilizante), dreno testemunho e manta de PEAD (Ver detalhe da seção do aterro em Anexo).

“As bases e barreiras protetoras (liners) são recursos tecnológicos utilizados quando se deseja reter ao máximo possível a percolação de um líquido (chorume, rejeitos líquidos, hidrocarbonetos, percolados e outros) de forma que ele não atinja as águas naturais” (LEITE, 1997).

7.1.1. Aterro de Regularização e Impermeabilização de Base

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 aproximadamente 0,50 m, para a impermeabilização do solo natural de fundação e também para garantir declividades adequadas para continuidade dos serviços.

O aterro de impermeabilização atua como camada de segurança, desempenhando as mesmas funções do PEAD. Sua eficiência para o controle da migração de gases pode ser inferior à manta de PEAD, dependendo da constituição dos argilo-minerais

presentes no solo. Entretanto, 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 esses solos, característicos da região do Aterro Delta B, são compactados.

7.1.2. Geocomposto Impermeabilizante - GCL

O GCL são utilizados como barreiras hidráulicas manufaturadas consistindo de uma camada bentonítica, em geral bentonita sódica ou cálcica, a qual exibe baixa condutividade hidráulica e elevado potencial de expansão, ligada a uma geomembrana ou envolvida por dois geotêxteis.

A função primordial do geocomposto bentonítico é de atuar como uma barreira impermeabilizante, se assemelhando a uma camada de argila compactada, dado à propriedade da bentonita ser expansiva ao entrar em contato com o percolado. O processo de expansão, no momento em que o produto se encontra confinado, gera uma diminuição do índice de vazios do meio, garantindo índices baixíssimos de permeabilidade (entre 10^{-9} a 10^{-12} cm/s – dependendo do tipo de bentonita e fabricante do geocomposto).

Neste projeto o GCL servirá de uma barreira secundária, abaixo da manta de PEAD, que será importante no caso de ocorrer um dano ou falha na instalação da geomembrana. Considerando que a manta não possui capacidade de auto-selagem, surge uma forte tendência do percolado se encaminhar em direção ao dano e atravessar o plano da manta. Devido a esse fato é importante sempre a

previsão de camadas complementares às geomembranas, que possam garantir estanqueidade do sistema.

As principais vantagens da utilização do GCL é fácil e rápida instalação, elimina a necessidade de exploração de jazidas, e execução de grandes camadas de solo argiloso compactado, bom comportamento a recalques diferenciais, capacidade de expansão e auto-selagem, pequena espessura e fácil reparo na fase de instalação.

7.1.3. Dreno Testemunho

A função do dreno testemunho é aumentar a segurança e a confiabilidade das obras dessa natureza. Os drenos testemunhos são instalados entre duas camadas impermeabilizantes, neste caso entre a manta de PEAD e GCL, e têm a função de conduzir qualquer líquido que venha a transpor a primeira barreira, levando esse líquido para uma caixa de inspeção, onde será detectado o rompimento dessa primeira proteção, possibilitando executar serviços de recuperação e/ou remediação, sem que exista qualquer contato do material armazenado com o solo ou com o lençol freático.

Neste projeto o dreno testemunho está composto por um geocomposto drenante instalado sobre o GCL e uma camada de areia grossa de 25 cm.

7.1.4. Geomembrana de PEAD

A manta de PEAD com espessura de 2 mm será utilizada como mecanismo primário para impermeabilização, devendo evitar a migração de líquidos para o subsolo.

Na interface entre os resíduos confinados e a geomembrana de PEAD será executada uma camada de solo para proteção termo-mecânica, visando à redução dos riscos de perfuração e rasgos na manta.

7.2. Sistema de Drenagem de Gases e Líquidos Percolados

As águas provenientes da precipitação direta sobre o Aterro de Resíduos Classe II, 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 etapa do novo módulo deverão ser instalados drenos horizontais de gás e chorume interligados aos drenos verticais, formando uma malha de drenagem, previamente ao lançamento de lixo e à medida que o aterro for sendo alteado.

De um modo geral, recomenda-se que a distância entre os drenos verticais seja de 30 a 70 m. Neste projeto, será utilizada 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 o tanque de contenção de chorume.

7.3. Sistema de Drenagem Superficial

O projeto de drenagem superficial para o novo aterro foi orientado pelos seguintes objetivos principais:

- Minimizar os problemas de erosão e sedimentação;
- Evitar acúmulo de água sobre a superfície do Aterro de Resíduos Classe II, pois esta água acumulada aumenta a vazão de percolado;
- Evitar o afluxo de água nas áreas em operação;
- Evitar a contaminação do escoamento superficial direto;
- Proteger a qualidade ambiental e o bem-estar social.

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). Para os drenos provisórios serão utilizados canais abertos, sem revestimento, feitos por retro-escavadeiras, com declividade mínima de 1%; e uma drenagem permanente, implantada nos locais onde já não se espera nenhuma atividade de deposição.

O sistema de drenagem superficial será composto por drenos permanentes nas bordas do aterro para garantir a não entrada da água precipitada fora dessa área, estes drenos serão compostos por canaletas retangulares.

Apresentam-se no projeto informações técnicas suficientes para a concepção de um sistema de drenagem superficial para o início da operação.

Quanto aos elementos de drenagem superficial da rede interna do Aterro de Resíduos Classe II, 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.

Com relação à locação das descidas d'água em geocélula, foi prevista uma distribuição de forma a evitar acumulos e grandes volumes em determinadas regiões.

A descida d'água na superfície do aterro deve possuir borda livre elevada, prevendo-se concentrações de vazão não previstas no projeto 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 será feito através de travessias em tubos de concreto.

8. MEMORIAL DE CÁLCULO

8.1. Sistema de Impermeabilização

8.1.1. 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 de Resíduos Classe II, estimando-se uma altura final máxima de 60 m, podendo ser conferida na tabela 13 e visualizada na figura 15. Conforme os resultados apresentados, a espessura mínima requerida corresponde a 1,00 mm. Conforme recomendação do Órgão Ambiental será utilizada a espessura de manta de PEAD de 2,00 mm, sendo assim suficiente para o presente projeto.

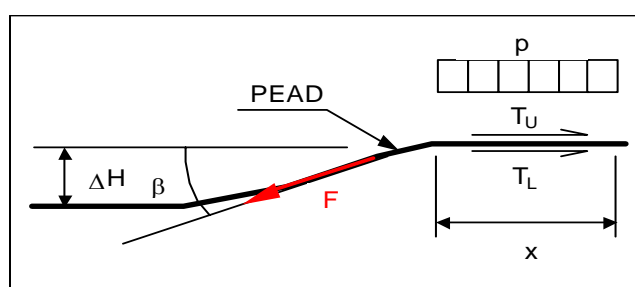


Figura 15: Modelo para cálculo da espessura da manta de PEAD.

Tabela 13: Verificação da espessura da manta de PEAD.

Espessura da manta de PEAD adotada:	$t = 2,00$ mm
Altura máxima de resíduos:	$H_{\max} = 60$ m
Peso específico médio dos resíduos compactados:	$\gamma = 0,90$ t/m ³
Pressão aplicada pelos resíduos:	$p = 54,00$ t/m ²
Distância de mobilização da deformação do PEAD:	$x = 5,00$ cm
Ângulo da deformação do PEAD:	$\beta = 25,00$ °
Tensão admissível do PEAD:	$\sigma_{\text{adm}} = 2,100$ t/m ²
Ângulo de atrito entre o PEAD e o Aterro de Proteção termomecânica:	$\delta_u = 18,00$ °
Ângulo de atrito entre o PEAD e o Aterro de Impermeabilização:	$\delta_L = 16,00$ °
Espessura mínima requerida:	$t = 0,87$ mm

8.1.2. Verificação do fator de segurança no trecho inclinado

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

O procedimento de cálculo apresentado na figura 16 e tabela 14, 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 **3,09**, ou seja, maior que 1 e a favor da segurança.

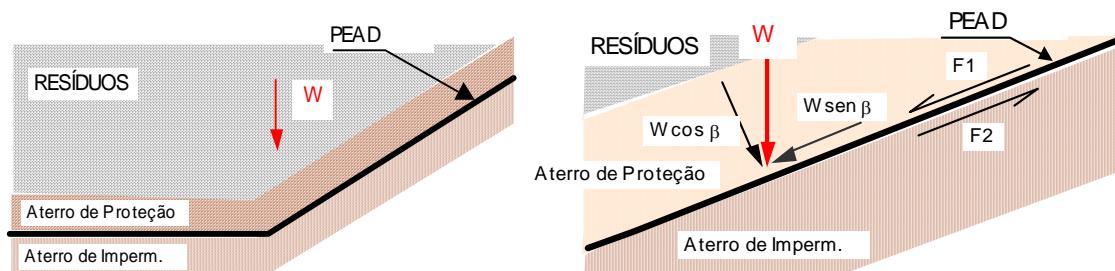


Figura 16: Diagrama dos esforços de tração aplicados na manta de PEAD.

Tabela14: Verificação do fator de segurança para instalação da manta de PEAD.

Espessura da manta de PEAD:	$t =$	2,00	mm
Altura máxima de resíduos:	$H_{max} =$	60,00	m
Peso específico médio dos resíduos compactados:	$\gamma =$	0,90	t/m ³
Peso de uma lamela de resíduos na área em verificação:	$W =$	54,00	t/m
Ângulo do talude:	$\beta =$	28,65	°
Componente normal ao talude:	$N =$	47,39	t/m
Ângulo de atrito entre o aterro de proteção termo-mecânica e a manta de PEAD:	$\delta_1 =$	18,00	°
Força de atrito entre o Aterro de Proteção e a Manta:	$F_1 = N \cdot \tan \delta_1 =$	15,40	t/m
Ângulo de atrito entre o aterro de impermeabilização e a manta de PEAD:	$\delta_2 =$	16,50	°
Força de atrito entre o Aterro de Impermeabilização e a Manta:	$F_2 = N \cdot \tan \delta_2 =$	14,04	t/m
Tensão a ser diretamente suportada pela manta de PEAD:	$\sigma_{atuante} = (F_1 - F_2) / t =$	680	t/m ² /m
Fator de segurança:	$FS = \sigma_{adm} / \sigma_{atuante} =$	3,09	

8.2. 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 nos projetos em anexo.

O Fator de segurança adotado foi de $FS = 1,5$, de forma a aumentar a vida útil do dreno, que estará sujeita a severos efeitos de colmatagem. A altura máxima da lâmina líquida na seção porosa deverá ser de 30%, conforme orientação da ABNT NBR13.896 (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 1,68 L/s e a espessura da camada em Brita 4 igual a 70 cm (tabela 17). A segunda foi a verificação da velocidade do escoamento do tubo de PEAD perfurado (tipo “kananet”), cujo diâmetro adotado foi de 20 cm (Tabela 18). Os parâmetros hidráulicos dos materiais utilizados para drenagem de percolados e descritos na literatura estão sugeridos na tabela 15 (condutividade hidráulica) e na tabela 16 (raio hidráulico).

Tabela 15: Condutividade hidráulica para materiais drenantes.

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

Fonte: BRASIL (2006).

Tabela 16: Valores de Rh (Raio Hidráulico) para britas

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

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 17: Dimensionamento dos drenos primários (tapete drenante).

1 Dados de Entrada:			
1.1	Vazão a ser conduzida:	$Q =$	1,81 L/s
1.2	Coeficiente de condutividade hidráulica:	$K =$	80,0 cm/s
1.3	Gradiente hidráulico (=declividade do terreno):	$i =$	0,01 m/m
1.4	Fator de Segurança:	$FS =$	1,5
1.5	Porosidade do Meio Drenante:	$P =$	0,45
1.6	Raio Hidráulico do Meio Drenante:	$R_h =$	0,52 cm
1.7	Diâmetro do tubo dreno:	$\phi =$	0,20 m
2 Cálculo da Seção Mínima:			
2.1	Lei de Darcy:	$S_1 = Q \cdot FS / K \cdot i =$	0,329 m ²
2.2	Cálculo com base na Equação de WILKINS:	$S_2 = Q \cdot FS / V =$	0,192 m ²
2.2.1	Velocidade média de percolação:	$V = 52,45 \cdot P \cdot R_h^{0,5} \cdot i^{0,54} =$	0,014 m/s
2.3	Seção mínima:	$S_{min} =$	0,339 m ²
3 Seção Adotada :			
3.2	Largura da Seção:	$L =$	0,50 m
	Altura mínima do nível de chorume (30% de H_{total}):	$H_{min} =$	0,63 m
3.1	Altura total da Seção:	$H_{total} =$	0,70 m
3.3	Área total da Seção:	$A = L \cdot H_{total} - A_{tubo} =$	0,339 m ²

Tabela 18: Dimensionamento hidráulico do tubo principal.

Vazão de dimensionamento:	$Q_{dim} = 1,81 \text{ L/s}$
Diâmetro do tubo:	$D = \mathbf{0,20 \text{ m}}$
Declividade do canal:	$I_o = 0,010 \text{ m/m}$
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta = 0,016 \text{ KANANET}$
Borda livre requerida:	$b_{lr} = 0,04 \text{ m}$
Velocidade máxima para o material do tubo:	$V_{max} = 4 \text{ m/s}$
Altura da lâmina líquida:	$y = 0,16 \text{ m}$
q graus:	$\theta_q = 252,9 \text{ graus}$
q radianos:	$\theta_r = 4,413 \text{ radianos}$
Área molhada:	$S_n = 0,0268 \text{ m}^2$
Perímetro molhado:	$P_n = 0,4413 \text{ m}$
Raio hidráulico:	$R_n = 0,0608 \text{ m}$
Capacidade de escoamento calculada:	$Q_s = 0,0259 \text{ m}^3/\text{s}$
	$Q_s = \mathbf{25,95 \text{ L/s}}$
Velocidade de escoamento:	$v = 0,97 \text{ m/s}$
Borda livre disponível:	$b_{ld} = 0,04 \text{ m}$
Fator de Segurança:	$FS = Q_s / Q_{dim} = 14,3$

8.3. Sistema de drenagem superficial

8.3.1. 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 consistem em dividir a bacia em N trechos homogêneos e calcular a velocidade de escoamento em cada um deles, têm-se o tempo de concentração igual a:

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

Onde:

L_i : comprimento de cada trecho em metros;

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

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

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

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

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

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

t_c : Tempo de concentração (min);

$t_c = 20$ min

T: Período de retorno (anos);

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

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

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

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 19).

Tabela 19: Coeficientes de escoamento superficial (C) (CETESB, 1979).

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

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 20, considerando que a área total do aterro é de aproximadamente 285.000 m² e considerando a fase de construção do aterro, em solo argiloso descoberto.

Tabela 20: Quantificação das vazões pelo método racional.

Sub-bacia	A (m ²)	C	Q (m ³ /s)	Q (L/s)
I - Aterro de resíduos classe II - Bacia para dimensionamento de canaletas de berma	3.500	0,4	0,040	40,0
II - Aterro de resíduos classe II - Bacia para dimensionamento de descidas d'água em talude	5.500	0,4	0,063	62,9
III - Aterro de resíduos classe II - Bacia para dimensionamento de canaletas de contorno	100.000	0,25	0,715	714,5

8.3.2. Projeto hidráulico dos elementos do sistema de drenagem superficial

Os elementos de drenagem superficial são apresentados e detalhados no projetos em anexo. O dimensionamento dos principais deles é apresentado a seguir.

a) Canaletas de Berma

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

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

Onde:

η : Coeficiente de rugosidade de Manning;

I_o - Declividade do canal;

S_h - Área molhada;

P_h : Perímetro molhado.

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

Para canaleta triangular, conforme Detalhe 1 da Folha 7, tem-se a seguinte equação para determinação da área molhada e do raio hidráulico:

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

Onde:

y = altura da lâmina d'água;

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

Devem ser respeitadas também as seguintes condições:

- Altura livre mínima igual a 20% da lâmina líquida;
- Velocidade máxima de acordo com o material do canal (tabela 21).

A tabela 22 apresenta o memorial de cálculo para dimensionamento e verificação das canaletas de berma no aterro, do tipo triangular, com 1,00 m de largura e 0,25 m de altura (adotado), com vazão correspondente àquela apresentada na Tabela 20, igual a 40 L/s.

Tabela 21: Velocidade máxima de escoamento (Porto, 1998).

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

Tabela 22: Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de berma.

Inclinação das paredes:	$z_1 =$	1,5
	$z_2 =$	2,5
Declividade do canal:	$i_o =$	0,010 m/m
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,035
Borda livre:	$bl =$	20% de y
Velocidade máxima para o material da canaleta:	$V_{\max} =$	0,90 m/s
Lâmina Líquida:	$y =$	0,19 m
Área molhada:	$S_h =$	0,073 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	0,86 m
Raio Hidráulico:	$R_h =$	0,08 m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q =$	0,040 m ³ /s
	$Q =$	40,00 L/s
Velocidade de escoamento	$V =$	0,55 m/s
Altura da canaleta	$H =$	0,23 m
Largura da canaleta	$B =$	0,91 m

b) Descidas D'água

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

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

Onde:

b = largura da base;

y = altura da lâmina d'água;

z = inclinação das paredes.

A seção trapezoidal das geocélulas foi dimensionada de acordo com os resultados apresentados na tabela 23. Conforme apresentado no Detalhe do projeto de drenagem superficial, em anexo, tem-se $B = 1,50$ m, $H = 0,05$ m e $b = 1,00$ m para uma vazão equivalente $Q = 62,90$ L/s, correspondente a descida d'água mais crítica no aterro.

Tabela 23: Memorial de cálculo do dimensionamento das descidas d'água em geocélula.

Inclinação da parede:	$z = 6$	
Largura da base:	$b = 1,0$	m
Declividade da canaleta:	$I_o = 0,360$	m/m
Coefficiente de rugosidade de Manning:	$\eta = 0,04$	
Borda Livre:	$bl = 20\%$	de y ;
Velocidade máxima de acordo com o material:	$V_{max} = 4,0$	m/s
Altura da lâmina líquida:	$y = 0,027$	
Área molhada:	$S_h = 0,03$	m ²
Perímetro molhado:	$P_h = 1,33$	m
Raio hidráulico:	$R_h = 0,02$	m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q = 0,063$	m ³ /s
	$Q = 62,9$	L/s
Velocidade de escoamento:	$V = 1,99$	m/s
Altura da canaleta:	$H = 0,3$	m
Largura da canaleta:	$B = 1,39$	m

c) Canaletas de Contorno

A tabela 24 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 triangulares. Para uma vazão de 714,5 L/s (tabela 20), tem-se canaletas com $H = 0,60$ m e $B = 0,70$ m.

Tabela 24: Memorial de cálculo do dimensionamento da canaleta de contorno retangular de concreto no aterro.

Inclinação da parede da canaleta:	$z =$	0
Largura do fundo da canaleta:	$b =$	0,7 m
Declividade da canaleta:	$l_o =$	0,010 m/m
Coeficiente de rugosidade de Manning:	$\eta =$	0,017
Borda Livre:	$bl =$	20% de y;
Velocidade máxima de acordo com o material:	$V_{\max} =$	4,0 m/s
Altura da lâmina líquida:	$y =$	0,498
Área molhada:	$S_h =$	0,35 m ²
Perímetro molhado:	$P_h =$	1,70 m
Raio hidráulico:	$R_h =$	0,21 m
Capacidade de escoamento calculada:	$Q =$	0,714 m ³ /s
	$Q =$	714,50 L/s
Velocidade de escoamento:	$V =$	2,05 m/s
Altura da canaleta:	$H =$	0,60 m
Largura da canaleta:	$B =$	0,70 m

9. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS

As obras do Aterro de Resíduos Classe II do Aterro Delta B de Campinas 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, conforme orientações a seguir.

9.1. Limpeza do Terreno

Deve ser executada a limpeza do terreno através da raspagem de 20 cm do solo superficial. Uma parte deste solo poderá ser utilizada como substrato para cobertura vegetal, nos taludes dos aterros e na cortina arbórea, sendo adequadamente armazenado no formato de leiras com seção de 2m de altura máxima e base de 6m.

A área ser utilizada para armazenamento deste material deverá ser próximo do local de sua retirada, fora da área dos serviços de terraplanagem do aterro. Se necessário poderá ser criado local apropriado e permanente de forma a armazenar este solo para todas as fases da obra.

9.2. Implantação dos Acessos

O projeto geométrico dos acessos foi definido obedecendo-se a conformação do terreno e a utilização dos diques e bermas definitivos como acessos:

- Declividade longitudinal mínima: 1%;
- Declividade longitudinal máxima: 10%;
- Leito da estrada o mais próximo possível da superfície do terreno para otimizar os serviços de terraplenagem.

Para garantia da capacidade suporte e boas condições de rolamento os acessos deverão possuir subleito compactado reforçado com revestimento primário.

A compactação do subleito deverá ser feito com a utilização de rolo compactador tipo pé de carneiro. Após a regularização e compactação do subleito do acesso deve ser aplicada uma camada de revestimento primário de 25 cm (acabada) constituída por materiais granulares e aglomerantes na seguinte proporção:

1 (argila) : 1 (bica corrida) : 1,5 (brita 3)

A mistura poderá ser feita através de uma máquina pá-carregadeira. O material deverá estar no teor de umidade adequado, isto é, nem encharcado e nem seco, efetuando-se os controles de umidade necessários previamente à compactação. A compactação deverá ser feita através de rolo pé-de-carneiro, com no mínimo 8 passadas, e 4 passadas de rolo liso para acabamento final da superfície.

A drenagem lateral deverá ser feita através de canaleta triangular de acordo com dimensionamento e projetos em anexo.

Para as drenagens provisórias deverá ser feita a escavação da canaleta e aplicada uma camada de 5 cm de espessura de bica corrida, sucedida por compactação manual.

9.3. Aterro de Regularização e Dique de Disparo

O aterro de regularização e o dique de disparo será executado em solo compactado e possui funções complementares ao aterro de impermeabilização como, por exemplo, alojar a drenagem, proporcionar base para ancoragem da manta de PEAD na base do aterro e aumentar a estabilidade local próximo à soleira do aterro.

9.3.1. Característica do solo a ser utilizado

Os solos para os aterros provirão das escavações localizadas nas áreas de escavação da etapa em construção (mais próximas). Estes solos deverão ser isentos de matérias orgânicas e micáceas (máx. de 5% de material micáceo). Argilas orgânicas não devem ser empregadas, e não será permitido também o uso de solos que tenham baixa capacidade de suporte e expansão maior que 4%. Estes materiais terrosos não devem 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:

- $h \leq h_{ot} + 5\%$.
- $LL < 60\%$
- $LP < 30\%$
- $IP \leq 18\%$
- $\gamma_{s \text{ máx}}$ referido ao P.N. $\geq 1,6 \text{ t/m}^3$

- (%) passante # n° 200 \leq 55%

9.3.2. Compactação do dique de disparo

O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser feito em camadas sucessivas, e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação de acordo com as normas. A espessura da camada compactada não deverá ultrapassar 0,20m. No caso do solo lançado estar excessivamente úmido, deverá ser providenciado a sua aeração e secagem ao sol. Tal aeração e exposição deverão ser feitas 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 feita uma escarificação superficial da camada existente de modo a assegurar uma boa ligação entre camadas.

No caso do solo estar excessivamente seco, deverá ser promovido à 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 deve ser procedida com o solo na umidade ótima, até +5%, até se obter a massa específica aparente seca entre 93% e 98% da massa específica máxima seca, definida no ensaio de PROCTOR NORMAL-MB-33/ABNT. 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 será de 8 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.

Um controle de compactação com no mínimo 2 ensaios por camada lançada, com um volume maior ou igual a 500m³ compactados. Deverá ser atingido 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).

Durante a construção, os serviços já executados deverão ser mantidos com boa conformação e permanente drenagem superficial.

9.4. Geocomposto Impermeabilizante - GCL

O geocomposto impermeabilizante - GCL deverá atender as especificações descritas na Tabela 25.

Tabela 25: Especificações do Geocomposto Impermeabilizante - GCL.

Propriedades do material	Método do teste	Frequência (m ²)	Resultados Requeridos
Índice de Inchamento da bentonita	ASTM D 5890	1/50ton	24ml/2g (mín)
Perda de fluidos da bentonita	ASTM D 5891	1/50ton	18ml (máx)
Massa de bentonita/área	ASTM D 5993	4.000m ²	3,6kg/m ² (mín)
Resistência ao arrancamento	ASTM D 6768	20.000m ²	53N/cm
Resistência a pelagem	ASTM D 6496	4.000m ²	6,1N/cm
Índice de fluidez	ASTM D 5887	Semanalmente	1x10 ⁻⁸ m ³ /m ² seg (máx)

Condutividade hidráulica	ASTM D 5887	Semanalmente	5×10^{-9} cm/seg (máx)
Forças internas de	ASTM D 5321	Periódico	24kPa
cisalhamento do GCL	ASTM D 6243		
hidratado			

9.5. Dreno Testemunho

O dreno testemunho será composto por uma camada de areia com 0,25 m de espessura, capaz de drenar os efluentes provenientes dos drenos de gases e chorume e de possíveis vazamentos que poderão ocorrer na manta de PEAD. Acima do GCL propõe-se a utilização de uma camada geocomposto drenante, composto por uma grelha de PET entre duas camadas de um geotêxtil não tecido, cujas especificações são apresentadas na tabela 26.

Tabela 26: Especificações do Geocomposto Drenante.

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			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
Geocomposto			100	200	100	200	100	200	100	200
Transmissividade ⁽²⁾	m ² /s	ASTM D 4716	0.95	0.80	0.85	0.70	0.40	0.28	0.48	0.32
Geotêxtil			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
			100	200	100	200	100	200	100	200
Permeabilidade	cm/s	ASTM D 4491	1.1x10 ⁻¹	0.35	1.1x10 ⁻¹	0.35	1.1x10 ⁻¹	0.35	1.1x10 ⁻¹	0.35
Abertura de filtração do geotêxtil	mm	AFNOR G 38017	0.145	0.23	0.145	0.23	0.145	0.23	0.145	0.23
Propriedades físicas			1E – 05		1E – 06		2E – 05		2E – 06	
Geocomposto			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.

9.6. 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 2 mm 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 27.

Tabela 27: Especificações para geomembrana de PEAD.

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

9.7. Aterro de proteção termo-mecânica

Material proveniente de escavação da etapa atual ou etapa posterior, mais próximos, desde que isentos de matéria orgânica (lodos e vegetação), com características técnicas que atendam aos seguintes limites:

- IP (Índice de Plasticidade) $\leq 40\%$
- LL (Limite de Liquidez) $< 60\%$
- hnat (Umidade natural do material) $\leq 25\%$

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

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

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

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

9.8. Tubos de PEAD perfurados

O tubo perfurado para drenagem deverá ser fabricado em polietileno de alta densidade (PEAD), com corrugações para aumentar a resistência mecânica e evitar obstrução por materiais granulares, conforme esquema da figura a seguir:

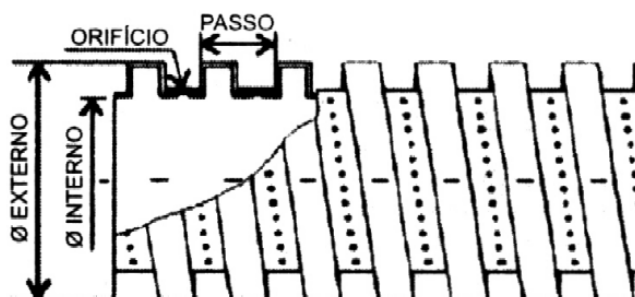


Figura 17 – Tubo Dreno

Deverão ser realizados dois tipos de ensaios descritos a seguir.

Ensaio de compressão diametral:

Consiste na determinação da força de compressão necessária para causar deformação diametral de 5% em relação ao diâmetro externo de um corpo de prova medindo 323 mm de comprimento.

O ensaio deverá ser realizado a uma temperatura ambiente entre 20 e 25°C, sendo que a amostra deverá permanecer no local de teste no mínimo 2 horas antes da realização do ensaio.

A carga deve ser aplicada à amostra através de dois pratos suportes de aço plano, lisos e paralelos entre si, sendo o prato do lado móvel com 350 mm de comprimento e o do lado fixo com 620mm.

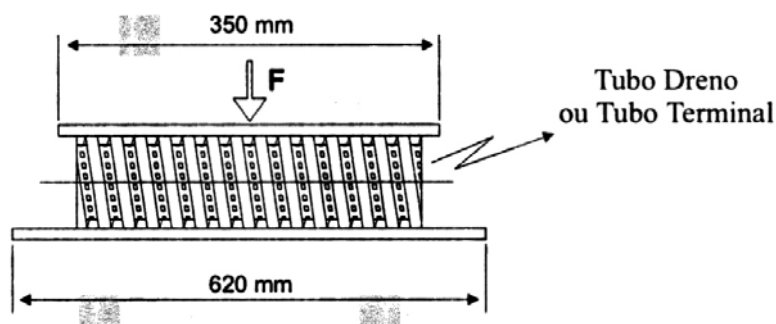


Figura 18 – Ensaio de Compressão Diametral do Tubo Dreno.

A velocidade de aproximação dos pratos deve ser constante e igual a 5 mm/min.

Deverão ser submetidas ao ensaio 1 amostra a cada 50m, sendo os critérios de aceitação definidos na tabela 28 a seguir:

Tabela 28 - Critérios de aceitação da para deformação diametral de 5%.

Diâmetro Nominal		Carga aplicada
Polegada	mm	N
2 1/2"	65	> 470
4"	100	> 623
6"	150	> 320
8"	200	> 600

Ensaio de impacto

Um cilindro rígido de massa igual a 5 kg, com face de impacto plana e diâmetro de 90mm, cai em queda livre de alturas pré-determinadas sobre um corpo de prova medindo 500mm de comprimento. Para cada altura H é utilizado um novo corpo de prova.

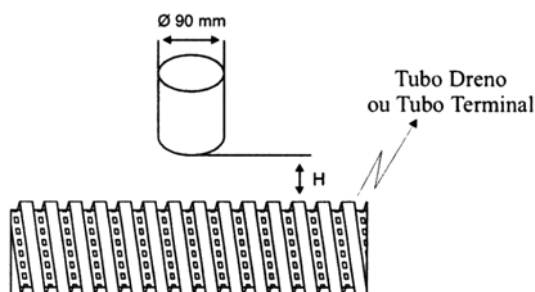


Figura 19 – Ensaio de Impacto do Tubo Dreno. Tabela 28 - Critérios de aceitação da para deformação diametral de 5%.

Deverão ser submetidas ao ensaio 1 amostra a cada 50m, sendo os critérios de aceitação definidos na Tabela III.6 a seguir:

Tabela 29 - Critérios de aceitação da variação do diâmetro externo.

Diâmetro Nominal		Altura de queda	Variação do diâmetro externo
Polegada	mm	m	%
2 1/2"	65	0,3	< 5,0
4"	100	0,3	< 3,6
6"	150	0,3	< 1,0
8"	200	0,6	< 1,0

10. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL

Todos os instrumentos a serem instalados no Aterro Delta B estão previstos no projeto de monitoramento, em anexo. Alterações poderão existir, dependendo das condições de campo ou geológicas para locação dos mesmos. A seguir, são apresentadas as finalidades de cada um deles.

10.1. Monitoramento Geotécnico

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

- Deslocamentos superficiais – medidas horizontais e verticais;
- Piezômetros para medições de 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 avaliar a 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 (evapotranspiração - temperatura, velocidade do vento e humidade) serão monitoradas diariamente, devido à sua importância para a análise do comportamento geotécnico e ambiental do maciço do aterro.

10.2. Monitoramento Ambiental

10.2.1. 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.

Está prevista a construção de cinco (5) novos poços de monitoramento, sendo dois (2) a montante e três (3) a jusante. Os poços já existentes na área, executados para o Delta A, também deverão continuar sendo monitorados, para avaliação da influência do aterro já existente sobre o mais novo.

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.

10.2.2. 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.

11. PLANO DE RECEBIMENTO DOS RESÍDUOS

11.1. Descrição das fontes geradoras

Serão admitidos resíduos classificados como classe II, podendo ser citadas as seguintes fontes:

- Resíduos sólidos domiciliares residenciais e materiais de varredura;
- Resíduos sólidos domiciliares não residenciais, assim entendidos aqueles originários de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, entre outros, com características de Classe II, A e B, conforme NBR 10004 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, até 200 litros por dia;

- Restos de móveis, de colchões, de utensílios, de mudanças e outros similares, em pedaços;
- Resíduos sólidos originados de feiras livres e mercados, desde que corretamente acondicionados;
- Resíduos Industriais classificados como Classe IIB;
- Lodo de ETE previamente adensado (teor de sólidos em % menor ou igual a 30%);
- Resíduos de Serviços de Saúde (hospitalares) previamente tratados no sistema de microondas já existente na área.

Em atendimento ao Art. 4º, § 1º da Resolução CONAMA Nº 307, de 05/07/2002, que dispõe sobre os resíduos da construção civil classes A, C e D, conforme classificação apresentada no Art. 3º desta Resolução, não será disposto no Aterro de Resíduos Sólidos Domiciliares. Os resíduos da construção civil classificados como classe B poderão ser destinados à Central de Triagem para posterior reciclagem e utilização como cobertura e acessos.

11.2. *Recepção dos resíduos sólidos urbanos*

O controle da origem, do tipo e da quantidade dos resíduos destinados no aterro será efetuado por balança rodoviária eletrônica acoplada a sistema informatizado de controle, que se destina a cadastrar e controlar todo e qualquer resíduo disposto no aterro, já existente na entrada do aterro Delta A.

Na saída do veículo descarregado repetem-se as operações para que sejam registradas as informações de tara do veículo e da hora de saída.

Não será permitida a entrada de resíduos classe I, que sempre serão encaminhados para plantas existentes onde estes resíduos possam ser recepcionados e tratados.

Para verificação da adequação dos resíduos, tais fiscais serão treinados para identificar os mais variados tipos de lixo e também na técnica de obtenção de amostras para análises expeditas do mesmo. O lixo doméstico e o comercial são facilmente identificáveis e não necessitam de qualquer análise laboratorial para sua liberação de entrada ao aterro.

11.3. Plano de recebimento dos resíduos industriais

11.3.1. Documentação requerida na entrada do aterro

Manifesto de carga ou documento equivalente emitido pelo gerador de resíduos onde constem as seguintes informações:

- Nome e CNPJ do Gerador;
- Localização (origem do resíduo);
- Tipologia do resíduo (lodo, areia, etc.);
- Origem do resíduo (processo, tratamento, etc.);
- Período de geração do resíduo;

- Data de coleta do resíduo;
- Resultados da análise de classificação do resíduo de acordo com a NBR-10004/87 (indicando a data de amostragem, data da análise e o nome do laboratório/responsável técnico pelas análises);
- Características físicas do resíduo (granulometria; cor; umidade);
- Cópia do CADRI –Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduo emitido pela Agência Regional da CETESB;
- Quantidade de resíduo transportado;
- Nome e qualificação do transportado (razão social, CNPJ, endereço, tel., fax e/ou e-mail);Nome e dados (RG, CPF, endereço) do condutor do veículo de transportador de resíduos;
- Autorização do gerador para o transportador (quando terceirizado) para carregar e transportar os resíduos ao Aterro Sanitário;
- Termo de Responsabilidade Solidária, assinado pelo gerador e transportador de que as informações fornecidas são verdadeiras, e de que qualquer distorção detectada quer quanto aos dados fornecidos, quer quanto às informações sobre as características dos resíduos são de inteira responsabilidade do gerador, cobrando ao mesmo, todo o ônus decorrente de tais distorções.

11.3.2. Ficha de controle dos resíduos na entrada do aterro

A Ficha de Controle dos Resíduos na entrada do Aterro, a ser elaborada pelo Empreendedor deverá conter, além das informações fornecidas do Manifesto/documentação de transporte dos resíduos elencados no item 11.3.1, as seguintes informações adicionais:

- a) coleta de amostra para análise, expedita conforme critérios especificados nos itens a seguir: análise expedita de 2 amostras com peso mínimo de 2,0 kg por amostra envolvendo os seguintes ensaios:
 - ph;
 - cor;
 - aspecto físico;
 - odor (no caso de suspeição da presença de solventes, deverá ser imediatamente amostrado para verificação da presença e ou concentração de benzeno, tetracloreto de carbono, tetracloroeteno e tricloroeteno);
 - reatividade em meio aquoso;
 - óleos e graxas;
- b) no tocante a um grande gerador industrial (> 3 ton/mês), além da análise expedita, especificada no item anterior deverão ser coletadas amostras equivalentes a um mínimo de 5% de cada lote de resíduo destinado ao aterro com os seguintes objetivos:

- permitir a análise detalhada e completa do resíduo em laboratório, conforme a classificação da NBR-10.004 e procedimentos especificados nas NBR's – 10.005/10.006 e 10.007 (onde se especificam os critérios de amostragem, os ensaios e valores limites para lixiviação e solubilização);
- análise da massa bruta dos resíduos envolverá: atividade em meio aquoso; ácido e alcalino; ph; aspecto físico, odor; presença de líquidos livres; teor de umidade; sólidos totais, fixos e voláteis; arsênio; cádmio; chumbo; mercúrio, selênio, cromo hexavalente, berílio, níquel, antimônio, cianetos, benzeno, tetracloreto e tetracloreto e tricloreto.
- a análise no lixiviado envolverá: Arsênio; Cádmio; Chumbo; Mercúrio; Selênio; Bório, Cromo total.
- armazenar em local adequado no aterro uma quantidade mínima suficiente (³ 1,0kg) do lote deste resíduo para futuros ensaios de caracterização de contra-prova que se fizerem necessários à pedido de Agência de Controle Ambiental.

11.4. Procedimentos referentes à amostragem de resíduos

A amostragem de resíduos a ser executada segundo os procedimentos especificados na NBR – 10.007, com vistas à execução de análise expedita, será feita por técnico experiente, designado por um laboratório especializado, ao qual serão terceirizados todos os serviços de amostragem, coleta, análises e armazenamento de amostra, bem como montagem e gestão de laboratório de campo. Esta amostragem será executada em todos os veículos contendo resíduos

sólidos industriais que adentrem a área do Aterro Sanitário, para os quais serão efetuados os registros especificados no item 11.3.1 anterior.

As amostras para ensaios de laboratório mais completas, a serem executadas por lote de resíduos, serão coletadas e armazenadas por técnico especializado no laboratório de campo.

O veículo coletor após a pesagem e controle inicial, será encaminhado para o pátio de espera, e somente será liberado para área de descarga no aterro sanitário, após a comprovação das análises expeditas, de que os resíduos transportados correspondem efetivamente aos resíduos especificados no CADRI. Para tanto o técnico de laboratório irá expedir uma ficha de controle, assinada, de análises expeditas onde constarão os resultados das análises efetuadas e a indicação clara de liberação ou não dos resíduos para disposição no aterro. Esta ficha será encaminhada ao encarregado de operação que:

- No caso de liberação dos resíduos (conformidade com o CADRI) irá orientar o veículo coletor para frente de descarga pré-definida para disposição dos resíduos;
- No caso de não liberação dos resíduos (não conformidade com o CADRI) irá entrar em contato com a Agência de Controle Ambiental da CETESB, que deverá orientar quanto à liberação da carga para retorno à indústria ou ao gerador, bem como providências adicionais que se fizerem cabíveis nestas ocorrências.

Todos estes procedimentos devidamente documentados deverão ser arquivados em pastas isoladas no próprio escritório do Aterro Sanitário para que possam ser encaminhados, a qualquer tempo, pela Fiscalização da CETESB. Esta documentação devidamente sintetizada e armazenada deverá fazer parte de relatório anual de recebimento de resíduos sólidos no Aterro Sanitário a ser entregue à CETESB.

O lançamento de resíduos inconsistentes, pastosos, e que possam trazer qualquer risco de comprometimento geotécnico ao maciço do aterro devem ser dispostos no maciço do Aterro Sanitário em quantidade ($< 5\%$ do volume do maciço) e em área restrita, delimitada e compatível, restringindo-se ainda os resíduos que apresentarem características geotécnicas desfavoráveis. Tais como:

- umidade excessiva ($h > 80\%$)
- inconsistência (material excessivamente pastoso ou com umidade próxima ao seu limite de liquidez).

Não será permitido o lançamento no aterro de resíduos que apresentem um grau de umidade superior a 80%, ou cuja consistência seja excessivamente pastosa. Caso estes resíduos não apresentem outras restrições à sua disposição no Aterro Sanitário, deverão sofrer previamente um tratamento de secamento ao ar sendo estendido em uma das plataformas intermediárias do aterro, em uma camada delgada (de 30 a 40cm de espessura) para redução de sua umidade, e mistura com solo, para posteriormente ser disposto definitivamente no aterro.

12. OPERAÇÃO DO ATERRO

O lançamento e espalhamento dos resíduos deverão ser realizados a partir das áreas de acesso e manobra com o auxílio de equipamento do trator tipo “CAT-D6”, e consiste no arranjo das camadas de resíduos. Posteriormente, os resíduos espalhados devem ser compactados pelo trator sobre esteiras, que deverá subir e descer sobre os resíduos, de 3 a 6 vezes, dependendo da espessura inicial da camada de lixo, formando-se a rampa de inclinação máxima de espessura requerida das camadas e será controlada topograficamente mediante a utilização de cruzetas de referência.

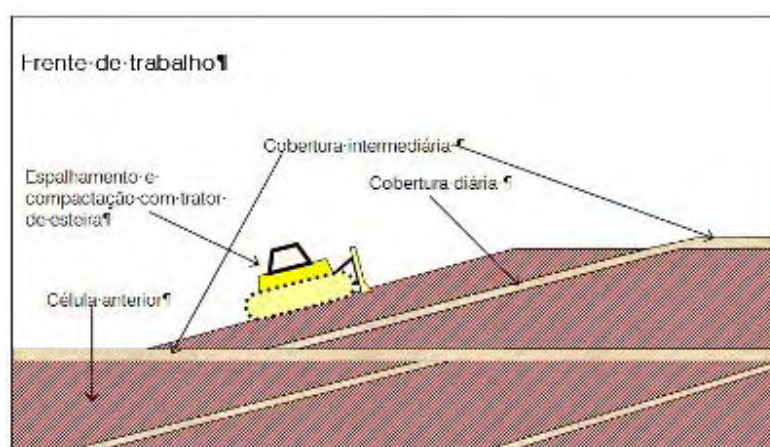


Figura 20: Operação de espalhamento dos resíduos

Após a operação de compactação dos resíduos sólidos, estes deverão receber cobertura com a finalidade de evitar a proliferação de vetores transmissores de doenças e controlar odores, podendo utilizar camada de solo de 15 a 30 cm (solo ou material inerte) e camada de cobertura final das células, com espessura de 60

cm de solo compactado. Em função da quantidade de lixo recebido no aterro e das dimensões da célula em execução (altura de 5 m), a cobertura do topo da célula de lixo deverá ser feita continuamente, deixando exposta apenas a frente de lançamento. A manutenção da frente de trabalho, em épocas normais e de chuva, deverá contar com acessos locais de descarga cascalhados e drenados.

Será implantado um sistema de monitoramento geotécnico de cada etapa conforme capítulo 10 e plantas em anexo.

Todos os critérios de projeto deverão ser obedecidos e atendidos durante a operação das 5 etapas, tais como drenagem de chorume, drenagem superficial, etc.

Ressaltamos que para a execução de todos os serviços de implantação e das demais etapas do Aterro, será necessário um dimensionamento de pessoal e equipamentos de modo a capacitar a operação, fazendo com que todos os objetivos almejados sejam atingidos. Portanto, foi dimensionada uma equipe mínima de trabalho, bem como a listagem de equipamentos básicos necessários para os serviços, conforme podem ser visualizados nas tabelas a seguir:

Tabela 30: Lista de equipamentos.

Equipamento	Quantidade
Trator Esteira - Tipo D6 R 170 HP	3
Caminhão Basculante – tipo Chassi IVECO (Eurocargo 170E22)	3
Caminhão Pipa – tipo Chassi IVECO (Eurocargo 170E22) com Tanque de 7000 Litros	1
Escavadeira Hidráulica – tipo PC 150	1
Pá Carregadeira – tipo L-955	1
Rolo compactador – tipo CR 25	1
Retroescavadeira sobre pneus	2
Motoniveladora	1
Veículo Leve	2
Balança Eletrônica	2
Motorroçadeira	3
Caminhão comboio (melosa para abastecimento)	1

Tabela 31: Lista de funcionários.

Cargos e funcionários	Quantidade
Auxiliar administrativo	1
Apontador	1
Lubrificador (caminhão comboio – melosa)	1
Balanceiro	2
Encarregado Operacional	2
Engenheiro Operacional	1
Mecânico	1
Motorista Caminhão	5
Operador de máquinas	5
Pedreiro	2
Soldador	1
Servente/frente de trabalho	7
Servente/Manutenção Aterro	4
Porteiro	2
Motorista Transp.Chorume	2
Vigia	4
Total	41

O isolamento do aterro é imprescindível para manutenção da ordem e do bom andamento da construção e operação do aterro.

Na região de separação do terreno deverá estar previsto a construção de cerca de material resistente como arame farpado, telas e mourões de concreto. Estas medidas impedem a entrada de pessoas não autorizadas, animais e outros elementos que possam prejudicar o andamento dos serviços.

Ainda esta prevista a execução de uma faixa de isolamento composta por árvores e arbustos (cortina vegetal) que impeçam a visualização constante do aterro. Este isolamento tem como função evitar o surgimento de reclamações por parte de transeuntes e moradores das circunvizinhanças, motivadas pela visualização constante das frentes de construção e ou operação.

Para melhoria da eficiência da compactação do lixo é aconselhado o uso de compactador para aterro sanitário, tipo CAT 816F ou similar, que proporciona aumento da densidade do lixo e conseqüentemente a melhora das propriedades geotécnicas e vida útil do aterro. Este tipo de equipamento oferece maior produtividade, facilidade de operação e foi projetado para este tipo de ambiente hostil em termos de desgaste.

Em anexo esta o catálogo do equipamento CAT 816F para verificação de suas características.

13. PLANILHA DE QUANTITATIVOS, CUSTOS E CRONOGRAMA

A seguir seguem as planilhas de quantitativos e custos para as etapas de construção e operação do aterro Delta B. Também segue o cronograma para a 1ª fase de construção.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FASE 1	C.U.	C.T.
1 IMPLANTAÇÃO					R\$ 13.347.177,83
1.1 ACESSOS					
1.1.1	Áreas do Empreendimento	m ²	51.399	R\$ 30,00	R\$ 1.541.970,00
1.1.2	Aterro com material terroso	m ³	0	R\$ 10,12	R\$ 0,00
1.1.3	Aterro de resíduos	m ³	338.900	R\$ 10,12	R\$ 3.429.668,00
1.2 TERRAPLENAGEM (ÁREA DO ATERRO)					
1.2.1	Escavação (área do aterro)	m ³	141.619	R\$ 3,42	R\$ 484.336,98
1.2.2	Dique	m ³	9.966	R\$ 6,27	R\$ 62.486,82
1.3 DRENO TESTEMUNHO					
1.3.1	Areia grossa	m ³	499	R\$ 27,61	R\$ 13.781,81
1.3.2	Manta de Geocomposto Drenante	m ²	64.836	R\$ 24,36	R\$ 1.579.395,46
1.3.3	Manta de segurança (GCL 3,6Kg/m ²)	m ²	69.942	R\$ 27,65	R\$ 1.933.899,07
1.3.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	84	R\$ 41,15	R\$ 3.473,88
1.3.5	Tubo de PEAD (Ø200mm)	m	101	R\$ 40,35	R\$ 4.085,84
1.3.6	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	2	R\$ 644,78	R\$ 1.289,56
1.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE					
1.4.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m ²	75.866	R\$ 19,45	R\$ 1.475.584,75
1.4.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp.=0,60m)	m ³	44.402	R\$ 6,27	R\$ 278.400,85
1.5 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES					
1.5.1	Manta Geotêxtil não-tecido (300g/m ²)	m ²	75.634	R\$ 30,42	R\$ 2.300.778,37
1.5.2	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	796	R\$ 41,15	R\$ 32.738,53
1.5.3	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	6	R\$ 644,78	R\$ 3.868,68
1.5.4	Tubo de PEAD Ø200mm	m	443	R\$ 40,35	R\$ 17.889,98
1.5.5	Drenagem horizontal (rachão)	m ³	2.528	R\$ 30,00	R\$ 75.838,20
1.5.6	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	235	R\$ 175,31	R\$ 41.197,85
1.6 DRENAGEM SUPERFICIAL					
1.6.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80 x 0,70m)	m	1.014	R\$ 36,00	R\$ 36.493,20
1.7 INSTALAÇÕES DE APOIO (EDIFICAÇÕES) E INFRAESTRUTURA					
1.7.1	Manutenção das Estruturas Existentes	vb/mês	12	R\$ 2.500,00	R\$ 30.000,00
2 OPERAÇÃO					R\$ 5.305.239,91
2.1 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS					
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton	338.900	R\$ 8,30	R\$ 2.812.870,00
2.2 COBERTURA DO ATERRO					
2.2.1	Camada de cobertura diária (material terroso - esp média = 0,30m)	m ³	8.818	R\$ 6,27	R\$ 55.287,78
2.2.2	Camada de cobertura final (material terroso - esp média = 0,60m)	m ³	13.287	R\$ 6,27	R\$ 83.310,24
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m ²	16.173	R\$ 2,15	R\$ 34.771,95
2.3 DRENAGEM SUPERFICIAL					
2.3.1	Canaleta de berma (bica-corrida)	m ³	104	R\$ 66,00	R\$ 6.840,90
2.3.2	Descida d' água em Geocélula	m ²	62	R\$ 563,00	R\$ 34.883,48
2.3.3	Caixa de passagem (de alvenaria 2,40 x 2,40 x 1,20m)	un.	19	R\$ 709,26	R\$ 13.475,94
2.3.4	Caixa de dissipação (de alvenaria 1,20 x 1,00 x 1,00m)	un.	2	R\$ 677,02	R\$ 1.354,04
2.3.5	Caixa de dissipação - caixa de enrocamento (brita de Ø0,30m)	m ³	5	R\$ 645,00	R\$ 3.160,50
2.3.6	Tubo de concreto (Ø0,30m)	m	62	R\$ 139,40	R\$ 8.670,68
2.4 MONITORAMENTO					
2.4.1	Poços de Monitoramento	m	60	R\$ 425,65	R\$ 25.539,00
2.4.2	Marcos Superficiais	un.	10	R\$ 85,00	R\$ 850,00
2.4.3	Piezômetros	m	180	R\$ 198,91	R\$ 35.803,80
2.4.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8h/dia)	mês	12	R\$ 8.500,00	R\$ 102.000,00
2.4.5	Monitoramento geotécnico	mês	12	R\$ 10.500,00	R\$ 126.000,00
2.5 REVEGETAÇÃO / PAISAGISMO					
2.5.1	Revegetação (cortina arbórea)	m ²	23.000	R\$ 27,50	R\$ 632.500,00
2.6 LAGOA DE CONTENÇÃO DE CHORUME					
2.6.1	Operação	mês	12	R\$ 650,00	R\$ 7.800,00
2.7 TRIAGEM DE RCD'S					
2.7.1	Operação da central de triagem de RCD's	m ³	412.538	R\$ 3,20	R\$ 1.320.121,60
SUB TOTAL GERAL - FASE 1					R\$ 18.652.417,75
BDI: 30%					R\$ 5.595.725,32
TOTAL GERAL - FASE 1					R\$ 24.248.143,07

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FASE 2	C.U.	C.T.
1 IMPLANTAÇÃO					R\$ 16.442.913,49
1.1 ACESSOS					
1.1.1	Áreas do Empreendimento	m ²	84.133	R\$ 30,00	R\$ 2.523.990,00
1.1.2	Aterro com material terroso	m ³	36.835	R\$ 10,12	R\$ 372.770,20
1.1.3	Aterro de resíduos	m ³	867.450	R\$ 10,12	R\$ 8.778.594,00
1.2 TERRAPLENAGEM (ÁREA DO ATERRO)					
1.2.1	Escavação (área do aterro)	m ³	224.000	R\$ 3,42	R\$ 766.080,00
1.2.2	Dique	m ³	7.590	R\$ 6,27	R\$ 47.589,30
1.3 DRENO TESTEMUNHO					
1.3.1	Areia grossa	m ³	1.190	R\$ 27,61	R\$ 32.846,24
1.3.2	Manta de Geocomposto Drenante	m ²	50.803	R\$ 24,36	R\$ 1.237.561,08
1.3.3	Manta de segurança (GCL 3,6Kg/m ²)	m ²	54.788	R\$ 27,65	R\$ 1.514.888,20
1.3.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	424	R\$ 41,15	R\$ 17.447,60
1.3.5	Tubo de PEAD (Ø200mm)	m	228	R\$ 40,35	R\$ 9.184,87
1.3.6	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	1	R\$ 644,78	R\$ 644,78
1.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE					
1.4.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m ²	15.843	R\$ 19,45	R\$ 308.146,35
1.4.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp.=0,60m)	m ³	9.506	R\$ 6,27	R\$ 59.601,37
1.5 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES					
1.5.1	Manta Geotêxtil não-tecido (300g/m ²)	m ²	15.812	R\$ 30,42	R\$ 481.001,04
1.5.2	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	495	R\$ 41,15	R\$ 20.378,30
1.5.3	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	2	R\$ 644,78	R\$ 1.289,56
1.5.4	Tubo de PEAD Ø200mm	m	274	R\$ 40,35	R\$ 11.055,90
1.5.5	Drenagem horizontal (rachão)	m ³	2.269	R\$ 30,00	R\$ 68.070,00
1.5.6	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	570	R\$ 175,31	R\$ 99.926,70
1.6 DRENAGEM SUPERFICIAL					
1.6.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80 x 0,70m)	m	468	R\$ 36,00	R\$ 16.848,00
1.7 INSTALAÇÕES DE APOIO (EDIFICAÇÕES) E INFRAESTRUTURA					
1.7.1	Manutenção das Estruturas Existentes	vb/mês	30	R\$ 2.500,00	R\$ 75.000,00
2 OPERAÇÃO					R\$ 10.243.011,40
2.1 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS					
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton	879.417	R\$ 8,30	R\$ 7.299.161,10
2.2 COBERTURA DO ATERRO					
2.2.1	Camada de cobertura diária (material terroso - esp média = 0,30m)	m ³	10.864	R\$ 6,27	R\$ 68.117,28
2.2.2	Camada de cobertura final (material terroso - esp média = 0,60m)	m ³	11.728	R\$ 6,27	R\$ 73.534,56
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m ²	13.372	R\$ 2,15	R\$ 28.749,80
2.3 DRENAGEM SUPERFICIAL					
2.3.1	Canaleta de berma (bica-corrida)	m ³	178	R\$ 66,00	R\$ 11.763,18
2.3.2	Descida d' água em Geocélula	m ²	359	R\$ 563,00	R\$ 201.835,50
2.3.3	Caixa de passagem (de alvenaria 2,40 x 2,40 x 1,20m)	un.	5	R\$ 709,26	R\$ 3.546,30
2.3.4	Caixa de dissipação (de alvenaria 1,20 x 1,00 x 1,00m)	un.	4	R\$ 677,02	R\$ 2.708,08
2.3.5	Caixa de dissipação - caixa de enrocamento (brita de Ø0,30m)	m ³	5	R\$ 645,00	R\$ 3.418,50
2.3.6	Tubo de concreto (Ø0,30m)	m	75	R\$ 139,40	R\$ 10.455,00
2.4 MONITORAMENTO					
2.4.1	Poços de Monitoramento	m	60	R\$ 425,65	R\$ 25.539,00
2.4.2	Marcos Superficiais	un.	15	R\$ 85,00	R\$ 1.275,00
2.4.3	Piezômetros	m	260	R\$ 198,91	R\$ 51.716,60
2.4.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8h/dia)	mês	30	R\$ 8.500,00	R\$ 255.000,00
2.4.5	Monitoramento geotécnico	mês	30	R\$ 10.500,00	R\$ 315.000,00
2.5 REVEGETAÇÃO / PAISAGISMO					
2.5.1	Revetação (cortina arbórea)	m ²	17.985	R\$ 27,50	R\$ 494.587,50
2.6 LAGOA DE CONTENÇÃO DE CHORUME					
2.6.1	Operação	mês	30	R\$ 650,00	R\$ 19.500,00
2.7 TRIAGEM DE RCD'S					
2.7.1	Operação da central de triagem de RCD's	m ³	430.345	R\$ 3,20	R\$ 1.377.104,00
SUB TOTAL GERAL - FASE 2					R\$ 26.685.924,89
BDI: 30%					R\$ 8.005.777,47
TOTAL GERAL - FASE 2					R\$ 34.691.702,35

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FASE 3	C.U.	C.T.
1 IMPLANTAÇÃO					R\$ 16.004.973,14
1.1 ACESSOS					
1.1.1	Áreas do Empreendimento	m ²	66.828	R\$ 30,00	R\$ 2.004.840,00
1.1.2	Aterro com material terroso	m ³	0	R\$ 10,12	R\$ 0,00
1.1.3	Aterro de resíduos	m ³	626.750	R\$ 10,12	R\$ 6.342.710,00
1.2 TERRAPLENAGEM (ÁREA DO ATERRO)					
1.2.1	Escavação (área do aterro)	m ³	521.382	R\$ 3,42	R\$ 1.783.126,44
1.2.2	Dique	m ³	9.933	R\$ 6,27	R\$ 62.279,91
1.3 DRENO TESTEMUNHO					
1.3.1	Areia grossa	m ³	1.672	R\$ 27,61	R\$ 46.167,23
1.3.2	Manta de Geocomposto Drenante	m ²	50.726	R\$ 24,36	R\$ 1.235.685,36
1.3.3	Manta de segurança (GCL 3,6Kg/m ²)	m ²	52.866	R\$ 27,65	R\$ 1.461.744,90
1.3.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	545	R\$ 41,15	R\$ 22.414,41
1.3.5	Tubo de PEAD (Ø200mm)	m	281	R\$ 40,35	R\$ 11.328,67
1.3.6	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	1	R\$ 644,78	R\$ 644,78
1.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE					
1.4.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m ²	51.632	R\$ 19,45	R\$ 1.004.242,40
1.4.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp.=0,60m)	m ³	30.979	R\$ 6,27	R\$ 194.239,58
1.5 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES					
1.5.1	Manta Geotêxtil não-tecido (300g/m ²)	m ²	51.340	R\$ 30,42	R\$ 1.561.762,80
1.5.2	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	545	R\$ 41,15	R\$ 22.414,82
1.5.3	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	1	R\$ 644,78	R\$ 644,78
1.5.4	Tubo de PEAD Ø200mm	m	102	R\$ 40,35	R\$ 4.115,70
1.5.5	Drenagem horizontal (rachão)	m ³	1.748	R\$ 30,00	R\$ 52.440,00
1.5.6	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	627	R\$ 175,31	R\$ 109.919,37
1.6 DRENAGEM SUPERFICIAL					
1.6.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80 x 0,70m)	m	882	R\$ 36,00	R\$ 31.752,00
1.7 INSTALAÇÕES DE APOIO (EDIFICAÇÕES) E INFRAESTRUTURA					
1.7.1	Manutenção das Estruturas Existentes	vb/mês	21	R\$ 2.500,00	R\$ 52.500,00
2 OPERAÇÃO					R\$ 13.097.244,12
2.1 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS					
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton	1.206.315	R\$ 8,30	R\$ 10.012.414,50
2.2 COBERTURA DO ATERRO					
2.2.1	Camada de cobertura diária (material terroso - esp média = 0,30m)	m ³	12.529	R\$ 6,27	R\$ 78.556,83
2.2.2	Camada de cobertura final (material terroso - esp média = 0,60m)	m ³	13.655	R\$ 6,27	R\$ 85.616,85
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m ²	21.756	R\$ 2,15	R\$ 46.775,40
2.3 DRENAGEM SUPERFICIAL					
2.3.1	Canaleta de berma (bica-corrida)	m ³	155	R\$ 66,00	R\$ 10.230,00
2.3.2	Descida d' água em Geocélula	m ²	542	R\$ 563,00	R\$ 305.146,00
2.3.3	Caixa de passagem (de alvenaria 2,40 x 2,40 x 1,20m)	un.	6	R\$ 709,26	R\$ 4.255,56
2.3.4	Caixa de dissipação (de alvenaria 1,20 x 1,00 x 1,00m)	un.	5	R\$ 677,02	R\$ 3.385,10
2.3.5	Caixa de dissipação - caixa de enrocamento (brita de Ø0,30m)	m ³	6	R\$ 645,00	R\$ 3.870,00
2.3.6	Tubo de concreto (Ø0,30m)	m	77	R\$ 139,40	R\$ 10.733,80
2.4 MONITORAMENTO					
2.4.1	Poços de Monitoramento	m	60	R\$ 425,65	R\$ 25.539,00
2.4.2	Marcos Superficiais	un.	15	R\$ 85,00	R\$ 1.275,00
2.4.3	Piezômetros	m	318	R\$ 198,91	R\$ 63.253,38
2.4.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8h/dia)	mês	21	R\$ 8.500,00	R\$ 178.500,00
2.4.5	Monitoramento geotécnico	mês	21	R\$ 10.500,00	R\$ 220.500,00
2.5 REVEGETAÇÃO / PAISAGISMO					
2.5.1	Revegetação (cortina arbórea)	m ²	21.553	R\$ 27,50	R\$ 592.707,50
2.6 LAGOA DE CONTENÇÃO DE CHORUME					
2.6.1	Operação	mês	21	R\$ 650,00	R\$ 13.650,00
2.7 TRIAGEM DE RCD'S					
2.7.1	Operação da central de triagem de RCD's	m ³	450.261	R\$ 3,20	R\$ 1.440.835,20
SUB TOTAL GERAL - FASE 3					R\$ 29.102.217,26
BDI: 30%					R\$ 8.730.665,18
TOTAL GERAL - FASE 3					R\$ 37.832.882,44

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FASE 4	C.U.	C.T.
1 IMPLANTAÇÃO					R\$ 35.199.351,23
1.1 ACESSOS					
1.1.1	Áreas do Empreendimento	m ²	132.472	R\$ 30,00	R\$ 3.974.160,00
1.1.2	Aterro com material terroso	m ³	0	R\$ 10,12	R\$ 0,00
1.1.3	Aterro de resíduos	m ³	2.384.200	R\$ 10,12	R\$ 24.128.104,00
1.2 TERRAPLENAGEM (ÁREA DO ATERRO)					
1.2.1	Escavação (área do aterro)	m ³	275.874	R\$ 3,42	R\$ 943.489,08
1.2.2	Dique	m ³	0	R\$ 6,27	R\$ 0,00
1.3 DRENO TESTEMUNHO					
1.3.1	Areia grossa	m ³	2.180	R\$ 27,61	R\$ 60.177,65
1.3.2	Manta de Geocomposto Drenante	m ²	42.166	R\$ 24,36	R\$ 1.027.151,58
1.3.3	Manta de segurança (GCL 3,6Kg/m ²)	m ²	47.561	R\$ 27,65	R\$ 1.315.061,65
1.3.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	271	R\$ 41,15	R\$ 11.147,54
1.3.5	Tubo de PEAD (Ø200mm)	m	399	R\$ 40,35	R\$ 16.082,70
1.3.6	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	2	R\$ 644,78	R\$ 1.289,56
1.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE					
1.4.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m ²	66.119	R\$ 19,45	R\$ 1.286.014,55
1.4.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp.=0,60m)	m ³	39.671	R\$ 6,27	R\$ 248.739,68
1.5 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES					
1.5.1	Manta Geotêxtil não-tecido (300g/m ²)	m ²	65.956	R\$ 30,42	R\$ 2.006.381,52
1.5.2	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	245	R\$ 41,15	R\$ 10.089,98
1.5.3	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	0	R\$ 644,78	R\$ 0,00
1.5.4	Tubo de PEAD Ø200mm	m	132	R\$ 40,35	R\$ 5.326,20
1.5.5	Drenagem horizontal (rachão)	m ³	928	R\$ 30,00	R\$ 27.840,00
1.5.6	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	478	R\$ 175,31	R\$ 83.798,18
1.6 DRENAGEM SUPERFICIAL					
1.6.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80 x 0,70m)	m	333	R\$ 36,00	R\$ 11.997,36
1.7 INSTALAÇÕES DE APOIO (EDIFICAÇÕES) E INFRAESTRUTURA					
1.7.1	Manutenção das Estruturas Existentes	vb/mês	17	R\$ 2.500,00	R\$ 42.500,00
2 OPERAÇÃO					R\$ 16.094.603,23
2.1 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS					
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton	1.572.410	R\$ 8,30	R\$ 13.051.003,00
2.2 COBERTURA DO ATERRO					
2.2.1	Camada de cobertura diária (material terroso - esp média = 0,30m)	m ³	13.453	R\$ 6,27	R\$ 84.350,31
2.2.2	Camada de cobertura final (material terroso - esp média = 0,60m)	m ³	12.782	R\$ 6,27	R\$ 80.143,14
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m ²	26.853	R\$ 2,15	R\$ 57.733,95
2.3 DRENAGEM SUPERFICIAL					
2.3.1	Canaleta de berma (bica-corrida)	m ³	136	R\$ 66,00	R\$ 8.950,26
2.3.2	Descida d' água em Geocélula	m ²	777	R\$ 563,00	R\$ 437.338,40
2.3.3	Caixa de passagem (de alvenaria 2,40 x 2,40 x 1,20m)	un.	2	R\$ 709,26	R\$ 1.418,52
2.3.4	Caixa de dissipação (de alvenaria 1,20 x 1,00 x 1,00m)	un.	3	R\$ 677,02	R\$ 2.031,06
2.3.5	Caixa de dissipação - caixa de enrocamento (brita de Ø0,30m)	m ³	3	R\$ 645,00	R\$ 2.128,50
2.3.6	Tubo de concreto (Ø0,30m)	m	78	R\$ 139,40	R\$ 10.845,32
2.4 MONITORAMENTO					
2.4.1	Poços de Monitoramento	m	60	R\$ 425,65	R\$ 25.539,00
2.4.2	Marcos Superficiais	un.	10	R\$ 85,00	R\$ 850,00
2.4.3	Piezômetros	m	247	R\$ 198,91	R\$ 49.130,77
2.4.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8h/dia)	mês	17	R\$ 8.500,00	R\$ 144.500,00
2.4.5	Monitoramento geotécnico	mês	17	R\$ 10.500,00	R\$ 178.500,00
2.5 REVEGETAÇÃO / PAISAGISMO					
2.5.1	Revegetação (cortina arbórea)	m ²	15.946	R\$ 27,50	R\$ 438.515,00
2.6 LAGOA DE CONTENÇÃO DE CHORUME					
2.6.1	Operação	mês	17	R\$ 650,00	R\$ 11.050,00
2.7 TRIAGEM DE RCD'S					
2.7.1	Operação da central de triagem de RCD's	m ³	472.055	R\$ 3,20	R\$ 1.510.576,00
SUB TOTAL GERAL - FASE 4					R\$ 51.293.954,46
BDI: 30%					R\$ 15.388.186,34
TOTAL GERAL - FASE 4					R\$ 66.682.140,79

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FASE 5	C.U.	C.T.
1 IMPLANTAÇÃO					R\$ 19.827.226,87
1.1 ACESSOS					
1.1.1	Áreas do Empreendimento	m ²	72.603	R\$ 30,00	R\$ 2.178.090,00
1.1.2	Aterro com material terroso	m ³	47.570	R\$ 10,12	R\$ 481.408,40
1.1.3	Aterro de resíduos	m ³	854.450	R\$ 10,12	R\$ 8.647.034,00
1.2 TERRAPLENAGEM (ÁREA DO ATERRO)					
1.2.1	Escavação (área do aterro)	m ³	211.572	R\$ 3,42	R\$ 723.576,24
1.2.2	Dique	m ³	6.039	R\$ 6,27	R\$ 37.864,53
1.3 DRENO TESTEMUNHO					
1.3.1	Areia grossa	m ³	2.779	R\$ 27,61	R\$ 76.715,49
1.3.2	Manta de Geocomposto Drenante	m ²	63.348	R\$ 24,36	R\$ 1.543.157,28
1.3.3	Manta de segurança (GCL 3,6Kg/m ²)	m ²	66.506	R\$ 27,65	R\$ 1.838.890,90
1.3.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	278	R\$ 41,15	R\$ 11.456,16
1.3.5	Tubo de PEAD (Ø200mm)	m	250	R\$ 40,35	R\$ 10.083,87
1.3.6	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	2	R\$ 644,78	R\$ 1.289,56
1.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE					
1.4.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m ²	74.694	R\$ 19,45	R\$ 1.452.798,30
1.4.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp.=0,60m)	m ³	44.816	R\$ 6,27	R\$ 280.998,83
1.5 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES					
1.5.1	Manta Geotêxtil não-tecido (300g/m ²)	m ²	74.466	R\$ 30,42	R\$ 2.265.255,72
1.5.2	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	278	R\$ 41,15	R\$ 11.450,40
1.5.3	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	2	R\$ 644,78	R\$ 1.289,56
1.5.4	Tubo de PEAD Ø200mm	m	185	R\$ 40,35	R\$ 7.464,75
1.5.5	Drenagem horizontal (rachão)	m ³	1.314	R\$ 30,00	R\$ 39.414,00
1.5.6	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	663	R\$ 175,31	R\$ 116.230,53
1.6 DRENAGEM SUPERFICIAL					
1.6.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80 x 0,70m)	m	841	R\$ 36,00	R\$ 30.258,36
1.7 INSTALAÇÕES DE APOIO (EDIFICAÇÕES) E INFRAESTRUTURA					
1.7.1	Manutenção das Estruturas Existentes	vb/mês	29	R\$ 2.500,00	R\$ 72.500,00
2 OPERAÇÃO					R\$ 19.442.247,90
2.1 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS					
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton	2.004.523	R\$ 8,30	R\$ 16.637.540,90
2.2 COBERTURA DO ATERRO					
2.2.1	Camada de cobertura diária (material terroso - esp média = 0,30m)	m ³	15.310	R\$ 6,27	R\$ 95.993,70
2.2.2	Camada de cobertura final (material terroso - esp média = 0,60m)	m ³	11.276	R\$ 6,27	R\$ 70.700,52
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m ²	24.651	R\$ 2,15	R\$ 52.999,65
2.3 DRENAGEM SUPERFICIAL					
2.3.1	Canaleta de berma (bica-corrida)	m ³	162	R\$ 66,00	R\$ 10.692,00
2.3.2	Descida d' água em Geocélula	m ²	651	R\$ 563,00	R\$ 366.513,00
2.3.3	Caixa de passagem (de alvenaria 2,40 x 2,40 x 1,20m)	un.	4	R\$ 709,26	R\$ 2.837,04
2.3.4	Caixa de dissipação (de alvenaria 1,20 x 1,00 x 1,00m)	un.	2	R\$ 677,02	R\$ 1.354,04
2.3.5	Caixa de dissipação - caixa de enrocamento (brita de Ø0,30m)	m ³	5	R\$ 645,00	R\$ 2.902,50
2.3.6	Tubo de concreto (Ø0,30m)	m	68	R\$ 139,40	R\$ 9.479,20
2.4 MONITORAMENTO					
2.4.1	Poços de Monitoramento	m	60	R\$ 425,65	R\$ 25.539,00
2.4.2	Marcos Superficiais	un.	11	R\$ 85,00	R\$ 935,00
2.4.3	Piezômetros	m	255	R\$ 198,91	R\$ 50.722,05
2.4.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8h/dia)	mês	29	R\$ 8.500,00	R\$ 246.500,00
2.4.5	Monitoramento geotécnico	mês	29	R\$ 10.500,00	R\$ 304.500,00
2.5 REVEGETAÇÃO / PAISAGISMO					
2.5.1	Revegetação (cortina arbórea)	m ²	11.175	R\$ 27,50	R\$ 307.312,50
2.6 LAGOA DE CONTENÇÃO DE CHORUME					
2.6.1	Operação	mês	29	R\$ 650,00	R\$ 18.850,00
2.7 TRIAGEM DE RCD'S					
2.7.1	Operação da central de triagem de RCD's	m ³	386.524	R\$ 3,20	R\$ 1.236.876,80
SUB TOTAL GERAL - FASE 5					R\$ 39.269.474,77
BDI: 30%					R\$ 11.780.842,43
TOTAL GERAL - FASE 5					R\$ 51.050.317,21

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TOTAL	C.U.	C.T.
1 IMPLANTAÇÃO					R\$ 100.821.642,56
1.1 ACESSOS					
1.1.1	Áreas do Empreendimento	m ²	407.435	R\$ 30,00	R\$ 12.223.050,00
1.1.2	Aterro com material terroso	m ³	84.405	R\$ 10,12	R\$ 854.178,60
1.1.3	Aterro de resíduos	m ³	5.071.750	R\$ 10,12	R\$ 51.326.110,00
1.2 TERRAPLENAGEM (ÁREA DO ATERRO)					
1.2.1	Escavação (área do aterro)	m ³	1.374.447	R\$ 3,42	R\$ 4.700.608,74
1.2.2	Dique	m ³	33.528	R\$ 6,27	R\$ 210.220,56
1.3 DRENO TESTEMUNHO					
1.3.1	Areia grossa	m ³	8.319	R\$ 27,61	R\$ 229.688,42
1.3.2	Manta de Geocomposto Drenante	m ²	271.878	R\$ 24,36	R\$ 6.622.950,76
1.3.3	Manta de segurança (GCL 3,6Kg/m ²)	m ²	291.663	R\$ 27,65	R\$ 8.064.484,72
1.3.4	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	1.602	R\$ 41,15	R\$ 65.939,58
1.3.5	Tubo de PEAD (Ø200mm)	m	1.258	R\$ 40,35	R\$ 50.765,95
1.3.6	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	8	R\$ 644,78	R\$ 5.158,24
1.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE					
1.4.1	Geomembrana de PEAD (esp. = 2mm)	m ²	284.154	R\$ 19,45	R\$ 5.526.786,35
1.4.2	Aterro de proteção termo-mecânica (esp.=0,60m)	m ³	169.375	R\$ 6,27	R\$ 1.061.980,31
1.5 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES E EFLUENTES					
1.5.1	Manta Geotêxtil não-tecido (300g/m ²)	m ²	283.208	R\$ 30,42	R\$ 8.615.179,45
1.5.2	Tubo de PEAD perfurado tipo "Kananet" (Ø200mm)	m	2.359	R\$ 41,15	R\$ 97.072,03
1.5.3	Caixa de passagem (1,20 X 1,20m de alvenaria)	un.	11	R\$ 644,78	R\$ 7.092,58
1.5.4	Tubo de PEAD Ø200mm	m	1.136	R\$ 40,35	R\$ 45.852,53
1.5.5	Drenagem horizontal (rachão)	m ³	8.787	R\$ 30,00	R\$ 263.602,20
1.5.6	Dreno vertical de gás e chorume (Tubo de concreto Ø0,60m+rachão)	m	2.573	R\$ 175,31	R\$ 451.072,63
1.6 DRENAGEM SUPERFICIAL					
1.6.1	Canaleta de contorno (alvenaria 0,80 x 0,70m)	m	3.537	R\$ 36,00	R\$ 127.348,92
1.7 INSTALAÇÕES DE APOIO (EDIFICAÇÕES) E INFRAESTRUTURA					
1.7.1	Manutenção das Estruturas Existentes	vb/mês	109	R\$ 2.500,00	R\$ 272.500,00
2 OPERAÇÃO					R\$ 64.182.346,56
2.1 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS					
2.1.1	Lançamento e compactação de resíduos	ton	6.001.565	R\$ 8,30	R\$ 49.812.989,50
2.2 COBERTURA DO ATERRO					
2.2.1	Camada de cobertura diária (material terroso - esp média = 0,30m)	m ³	60.974	R\$ 6,27	R\$ 382.305,90
2.2.2	Camada de cobertura final (material terroso - esp média = 0,60m)	m ³	62.728	R\$ 6,27	R\$ 393.305,31
2.2.3	Camada vegetal (grama)	m ²	102.805	R\$ 2,15	R\$ 221.030,75
2.3 DRENAGEM SUPERFICIAL					
2.3.1	Canaleta de berma (bica-corrida)	m ³	734	R\$ 66,00	R\$ 48.476,34
2.3.2	Descida d' água em Geocélula	m ²	2.390	R\$ 563,00	R\$ 1.345.716,38
2.3.3	Caixa de passagem (de alvenaria 2,40 x 2,40 x 1,20m)	un.	36	R\$ 709,26	R\$ 25.533,36
2.3.4	Caixa de dissipação (de alvenaria 1,20 x 1,00 x 1,00m)	un.	16	R\$ 677,02	R\$ 10.832,32
2.3.5	Caixa de dissipação - caixa de enrocamento (brita de Ø0,30m)	m ³	24	R\$ 645,00	R\$ 15.480,00
2.3.6	Tubo de concreto (Ø0,30m)	m	360	R\$ 139,40	R\$ 50.184,00
2.4 MONITORAMENTO					
2.4.1	Poços de Monitoramento	m	300	R\$ 425,65	R\$ 127.695,00
2.4.2	Marcos Superficiais	un.	61	R\$ 85,00	R\$ 5.185,00
2.4.3	Piezômetros	m	1.260	R\$ 198,91	R\$ 250.626,60
2.4.4	Acompanhamento topográfico (4 dias/mês - 8h/dia)	mês	109	R\$ 8.500,00	R\$ 926.500,00
2.4.5	Monitoramento geotécnico	mês	109	R\$ 10.500,00	R\$ 1.144.500,00
2.5 REVEGETAÇÃO / PAISAGISMO					
2.5.1	Revetação (cortina arbórea)	m ²	89.659	R\$ 27,50	R\$ 2.465.622,50
2.6 LAGOA DE CONTENÇÃO DE CHORUME					
2.6.1	Operação	mês	109	R\$ 650,00	R\$ 70.850,00
2.7 TRIAGEM DE RCD'S					
2.7.1	Operação da central de triagem de RCD's	m ³	2.151.723	R\$ 3,20	R\$ 6.885.513,60
SUB TOTAL GERAL					R\$ 165.003.989,13
BDI: 30%					R\$ 49.501.196,74
TOTAL GERAL					R\$ 214.505.185,87
QTDE DE RESÍDUOS (TON)					6.001.565
CUSTO/TON DE RESÍDUOS					R\$ 35,74

BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR 8419 (1984). Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro – RJ.

ABNT NBR 7182 (1986). Ensaio de Compactação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro – RJ.

ABNT NBR 13896 (1997). Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro – RJ.

ARQUITETO PEDRO TADEI E ASSOCIADOS (1992): Estudo de Impactos Ambientais – Aterro Sanitário Delta IA, Vol. 1. Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria de Obras / Depto. de Limpeza Pública.

BRASIL. (1992). Normais Climatológicas (1961-1990). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília-DF.

BRASIL. (2006). Manual de Drenagem de Rodovias. 2. ed. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro-RJ. 333p. (IPR. Publ., 724).

CETESB (1979): Drenagem em Aterros Sanitários. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo-SP.

CETESB (2001; 2005): Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo / Dorothy C.P. Casarini [et al]. São Paulo, 73p. Atualizado em 2005.

CONAMA (2008). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Resolução nº 396, de 04 de abril de 2008.

DAEE / CETESB (1982). Precipitações Intensas no Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Obras do Meio Ambiente. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica.

EPAL (1998). O Problema da Disposição Final dos Resíduos Sólidos na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. EPAL – Engenheiros Associados.

<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). 1981. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1000.000. São Paulo.

IPT/CEMPRE (2000): Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2ª Ed. Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Compromisso Empresarial para Reciclagem. São Paulo-SP.

KOERNER, R.M. (1990). Designing with geosynthetics. 2ª edição. Prentice-Hall Inc. New Jersey. USA.

ROC SCIENCE (2009): Slide Software Version 5.0: 2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis. Toronto-ON, Canada.

TCHANOBAGLOUS, G; HILARY, T.A.; VIGIL, S. (1993). Integrated Solid Waste Management. "McGraw-Hill. International Editions". Singapura.

Anexos A – Projetos

Anexos B – Arquivos Estabilidade

Anexos C – Relatório de Ensaios Geofísicos

Anexos D – Relatório de Ensaios Geotécnicos

Anexos E – Análise Química das Águas

Anexos F – Catálogos do equipamento

CAT 816F
