

6. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O presente capítulo apresenta uma descrição do aterro sanitário a ser implantado. Para o seu desenvolvimento levou-se em consideração as especificações constantes do Termo de Referencia emitido pela CETESB, contudo apenas nos aspectos relacionados ao aterro sanitário, haja vista que os processos de licenciamentos foram separados e o TMB-Piracicaba e demais infraestrutura de apoio já encontram-se em processo de licenciamento junto à Agencia Ambiental de Piracicaba da CETESB.

Sempre que necessário, especificamente para contextualizar as informações sobre o aterro sanitário serão apresentadas informações relativas à CTR-Palmeiras e seus componentes, especialmente o TMB-Piracicaba.

6.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS RESÍDUOS

6.1.1 Aspectos Gerais

O Aterro será concebido para a disposição de resíduos sólidos classificados como Classe IIA (não perigosos não inertes) e Classe IIB (não perigosos inertes), conforme a Norma ABNT NBR 10004, Resíduos Sólidos Classificação, seguindo as prescrições da Norma ABNT NBR 13896 Aterro de resíduos não perigosos, critérios para projeto, construção e operação.

6.1.2 Características dos Resíduos a serem Dispostos no Aterro

Conforme já especificado, o aterro sanitário objeto do presente estudo será parte integrante da CTR-Palmeiras que além de toda a infraestrutura de apoio, contará também com um sistema de tratamento dos resíduos, denominado TMB-Piracicaba. Detalhamentos sobre a CTR-Palmeiras e TMB-Piracicaba estão apresentados ao longo deste capítulo.

O TMB-Piracicaba promoverá a estabilização do resíduo orgânico, resultando na redução de massa e volume a ser disposto, com consequente aumento da vida útil do aterro, redução das emissões gasosas e redução da geração e carga poluidora de percolado.

Segundo a bibliografia e estudos de TMB-Piracicaba, tipicamente, a redução de volume é da ordem de 50% a 70%, a redução na produção de gás é da ordem de 90% e, a redução da carga poluidora do percolado da ordem de 90%.

Em termos geotécnicos, no maciço haverá a tendência de ocorrerem pressões neutras

pouco significativas, resíduos com melhor condição de compactação, podendo atingir até 1,4 t/m³, ângulo de atrito da ordem de 30° e, pouca alteração de suas características físicas no longo prazo.

As características citadas acima implicam na redução do impacto potencial dos aspectos ambientais típicos de aterros sanitários convencionais como: as emissões líquidas e gasosas, a geração de odores e a atração de vetores, riscos de instabilização do maciço, entre outros. Este cenário aponta para consequências ambientais e operacionais positivas durante a vida útil e no pós encerramento.

Por outro lado, o TMB é uma tecnologia relativamente recente, com poucos dados de resultados operacionais dentro do contexto da realidade brasileira de gestão de resíduos sólidos.

Tendo em vista as considerações acima, para a concepção do Aterro Sanitário objeto do presente estudo serão adotados os seguintes critérios:

- A redução de 40% em volume dos resíduos a serem dispostos no Aterro em virtude do tratamento no TMB em relação ao total de resíduos recebidos na CTRP.
- Para a concepção e dimensionamento dos sistemas de proteção ambiental, coleta e gestão de percolato e biogás e da geometria e verificação da estabilidade geotécnica do maciço de resíduos, serão consideradas as características físicas, geotécnicas e biológicas típicas de resíduos sólidos urbanos Classe IIA e Classe IIB, brutos, por ser um cenário mais conservador e restritivo do ponto de vista técnico, ambiental e operacional do aterro.

O critério acima se justifica na presente fase de planejamento do empreendimento, uma vez que no momento não há dados consolidados de como serão as características específicas dos resíduos após o tratamento no TMB e do efetivo fluxo de resíduos que ocorrerá na CTRP-Palmeiras antes e depois de se atingir o regime normal de operação do TMB. Tais dados serão obtidos no decorrer da operação do TMB-Piracicaba, momento em que análises dos resíduos tratados e dos rejeitos serão efetuados. Estes dados balizarão a revisão dos critérios de projeto e eventuais ajustes da concepção, cálculos dos elementos do aterro, como mostra as **Fotos 6.1-1 e 6.1-2**.



Foto 6.1-1 - Aspecto da Frente de Operação em Aterro Sanitário Convencional



Foto 6.1-2 - Aspecto da Frente de Operação em Aterro Sanitário Precedido de TMB

As fotos acima foram obtidas de *Mechanical Biological Pre-treatment for Sustainable Landfill*, C.Visvanathan , *Environmental Engineering and Management Program School of Environment, Resources and Development Asian Institute of Technology Thailand*.

6.1.3 Quantidade de Resíduos a serem Dispostos no Aterro

O cenário de demanda a ser atendida pelo aterro sanitário objeto do presente estudo foi definido considerando-se as seguintes premissas:

- Atendimento de 100% da população do município;
- A população do município estimada para o ano de 2014 conforme projeção do Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP) a partir de dados do censo demográfico do IBGE;
- Taxa geométrica de crescimento anual da população do município de Piracicaba de 0,75% para o período de 2010/2014 conforme SEADE e divulgado por IPPLAP.
- Geração per capita de 1,02kg/hab/dia, calculada a partir do valor de massa média atual de resíduos coletados, de 400 t/dia (Piracicaba Ambiental);
- Solo cobertura operacional equivalente a 15% do volume do resíduo disposto no aterro;
- Densidade média de resíduo no aterro = 1,0t/m³; e
- Redução do volume de resíduos disposto no aterro devido ao TMB = 40%.

A **Tabela 6.1.3-1** apresenta a demanda a ser atendida pelo aterro sanitário em questão, calculado utilizando-se os parâmetros acima.

Horizonte de Planejamento	Ano	População	Massa de Resíduos Coletada			Volume de Resíduo Bruto para Aterro	Redução de Volume de Resíduos Devido ao TMB	Volume Líquido de Resíduos para Aterro (após TMB)	Solo de Cobertura Operacional	Volume Total Disposto no Aterro	Volume Acumulado no Aterro
(ano)		(hab)	(t/dia)	(t/mês)	(t/ano)	(m³/ano)	(m³/ano)	(m³/ano)	(m³/ano)	(m³/ano)	(m³)
-	2.014	388.412	400	11.900	145.882	145.882	58.353	87.529	13.129	100.658	100.658
1	2.015	391.325	403	12.080	146.976	146.976	58.790	88.186	13.228	101.413	202.072
2	2.016	394.260	406	12.171	148.078	148.078	59.231	88.847	13.327	102.174	304.246
3	2.017	397.217	409	12.262	149.189	149.189	59.675	89.513	13.427	102.940	407.186
4	2.018	400.196	412	12.354	150.308	150.308	60.123	90.185	13.528	103.712	510.898
5	2.019	403.198	415	12.447	151.435	151.435	60.574	90.861	13.629	104.490	615.388
6	2.020	406.222	418	12.540	152.571	152.571	61.028	91.542	13.731	105.274	720.662
7	2.021	409.268	421	12.634	153.715	153.715	61.486	92.229	13.834	106.063	826.725
8	2.022	412.338	424	12.729	154.868	154.868	61.947	92.921	13.938	106.859	933.584
9	2.023	415.430	427	12.824	156.029	156.029	62.412	93.618	14.043	107.660	1.041.245
10	2.024	418.546	431	12.921	157.200	157.200	62.880	94.320	14.148	108.468	1.149.712
11	2.025	421.685	434	13.017	158.379	158.379	63.351	95.027	14.254	109.281	1.258.993
12	2.026	424.848	437	13.115	159.566	159.566	63.827	95.740	14.361	110.101	1.369.094
13	2.027	428.034	440	13.213	160.763	160.763	64.305	96.458	14.469	110.927	1.480.021
14	2.028	431.244	444	13.313	161.969	161.969	64.788	97.181	14.577	111.759	1.591.779
15	2.029	434.479	447	13.412	163.184	163.184	65.273	97.910	14.687	112.597	1.704.376
16	2.030	437.737	450	13.513	164.408	164.408	65.763	98.645	14.797	113.441	1.817.817
17	2.031	441.020	454	13.614	165.641	165.641	66.256	99.384	14.908	114.292	1.932.109
18	2.032	444.328	457	13.716	166.883	166.883	66.753	100.130	15.019	115.149	2.047.259
19	2.033	447.660	461	13.819	168.135	168.135	67.254	100.881	15.132	116.013	2.163.271
20	2.034	451.018	464	13.923	169.396	169.396	67.758	101.637	15.246	116.883	2.280.154
21	2.035	454.400	468	14.027	170.666	170.666	68.266	102.400	15.360	117.760	2.397.914
22	2.036	457.808	471	14.133	171.946	171.946	68.778	103.168	15.475	118.643	2.516.557
23	2.037	461.424	475	14.239	173.236	173.236	69.294	103.941	15.591	119.533	2.636.089
24	2.038	464.701	478	14.345	174.535	174.535	69.814	104.721	15.708	120.429	2.756.518
25	2.039	468.187	482	14.453	175.844	175.844	70.338	105.506	15.826	121.332	2.877.851
26	2.040	471.698	485	14.561	177.163	177.163	70.865	106.298	15.945	122.242	3.000.093
27	2.041	475.236	489	14.671	178.491	178.491	71.397	107.095	16.064	123.159	3.123.252
28	2.042	478.800	493	14.781	179.830	179.830	71.932	107.898	16.185	124.083	3.247.335
29	2.043	482.391	496	14.891	181.179	181.179	72.472	108.707	16.306	125.013	3.372.348
30	2.044	486.009	500	15.003	182.538	182.538	73.015	109.523	16.428	125.951	3.498.299
31	2.045	489.654	504	15.116	183.907	183.907	73.563	110.344	16.552	126.896	3.625.195
32	2.046	493.236	508	15.229	185.286	185.286	74.114	111.172	16.676	127.847	3.753.042
33	2.047	497.026	511	15.343	186.676	186.676	74.670	112.005	16.801	128.806	3.881.848
34	2.048	500.754	515	15.458	188.076	188.076	75.230	112.845	16.927	129.772	4.011.621
35	2.049	504.510	519	15.574	189.486	189.486	75.795	113.692	17.054	130.746	4.142.366
36	2.050	508.294	523	15.691	190.907	190.907	76.363	114.544	17.182	131.726	4.274.092
37	2.051	512.106	527	15.809	192.339	192.339	76.936	115.404	17.311	132.714	4.406.806
38	2.052	515.947	531	15.927	193.782	193.782	77.513	116.269	17.440	133.709	4.540.516
39	2.053	519.816	535	16.047	195.235	195.235	78.064	117.141	17.571	134.712	4.675.228
40	2.054	523.715	539	16.167	196.699	196.699	78.680	118.020	17.703	135.723	4.810.951

Tabela 6.1.3-1 – Demanda a Ser Atendida Pelo Aterro Sanitário da CTRP

6.1.4 Gestão de Percolados e Unidades Previstas

A gestão do percolado coletado pelo sistema de coleta de percolado do aterro tem como diretriz que o mesmo será acumulado temporariamente em lagoa de acumulação impermeabilizada e daí transferido para caminhão tanque de empresa especializada e licenciada para o transporte. O caminhão tanque transportará o percolado para sistema de tratamento de efluentes da Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE), que conta com condições de receber, tratar e dispor os líquidos em questão, conforme atesta em Termo de Aceitação de Anuência inserido no Anexo I deste estudo.

6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

6.2.1 Topografia e Relevo

Conforme já especificado a gleba selecionada para a implantação do empreendimento possui uma área de 553.967,33 m².

O levantamento topográfico da área objeto do projeto é apresentado no desenho 736-01 do projeto básico, reproduzido na **Figura 6.2-1** a seguir.

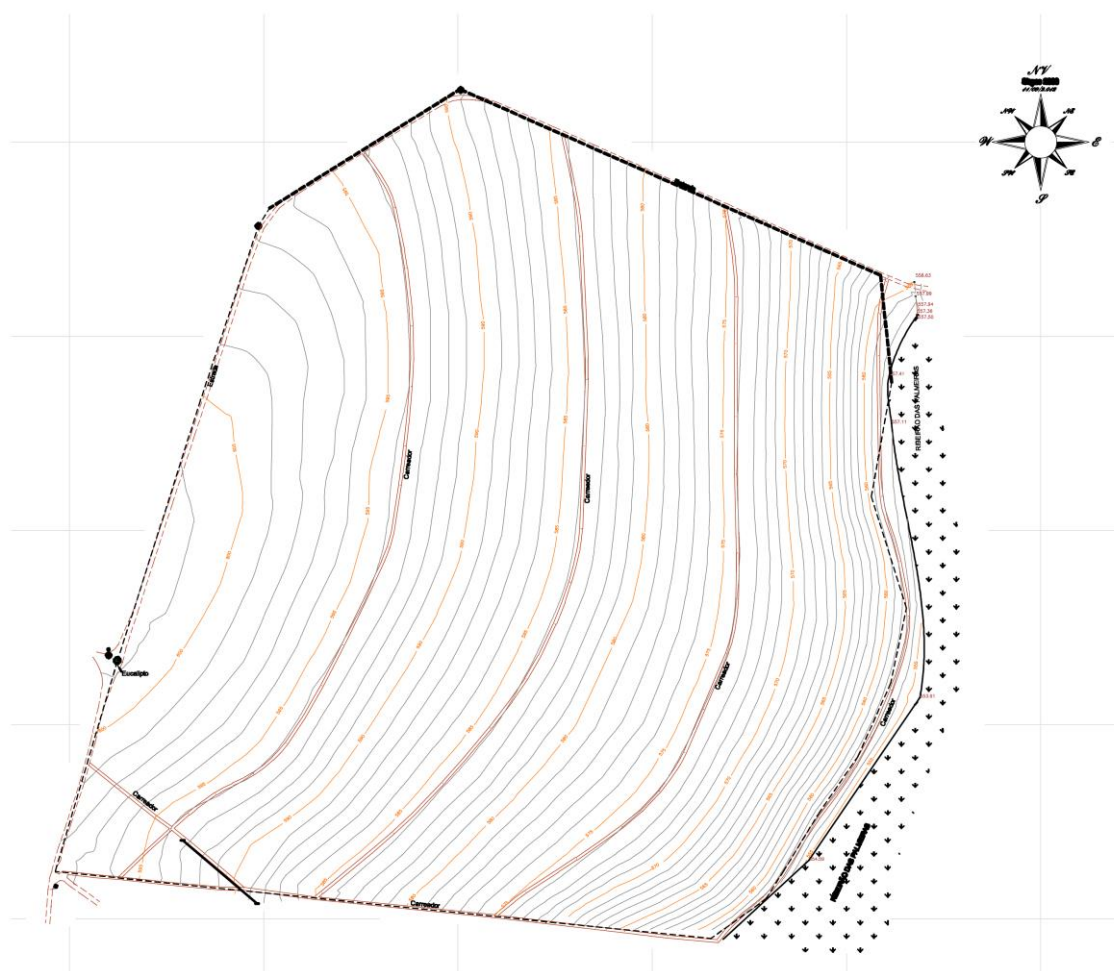


Figura 6.2-1 Levantamento Topográfico (Sem Escala)

A área do empreendimento caracteriza-se por apresentar topografia de vertente ou encosta de colina, convexa, posicionada entre um divisor de águas e região de fundo de vale.

O terreno apresenta declividade de noroeste para sudeste entre as altitudes 600m e 560m. A declividade média do terreno é de 6%, havendo declividades maiores, 20%, nas porções próximas ao fundo de vale.

6.2.2 Usos e Ocupação do Entorno

O terreno se encontra em área rural, e vem sendo utilizada há décadas por atividades agrícolas com extensas áreas de plantio de cana de açúcar.

De acordo com a Certidão de Uso do Solo emitida em 02.10.2014 pela Secretaria de Uso e Ocupação do Solo da Prefeitura do Município de Piracicaba, o imóvel onde se pretende implantar o empreendimento está situado na Zona Rural (ZRU). O local já foi Decretado pela municipalidade como de Utilidade Pública.

O terreno é ocupado predominantemente por áreas de pasto e de cultivo de cana de açúcar. Nas regiões de menores cotas, que margeiam o fundo de vale, há a presença de fragmento de vegetação na Área de Preservação Permanente (APP) em ambos os lados da margem do curso d'água, associada a várzea do Ribeirão das Palmeiras.

Ressalta-se que este fragmento será preservado e enriquecido através do Projeto de Preservação e Recuperação que comporá a Reserva Legal da propriedade. Este estudo está apresentado mais adiante neste estudo. Vale destacar ainda que para a construção de um Aterro Sanitário será mantida uma distância de 200 metros do Ribeirão das Palmeiras.

Na área reservada para o Aterro Sanitário não há presença de nascente e cursos água e respectivas Áreas de Preservação Permanentes.

Atualmente se encontra em implantação o TMB e a infraestrutura associada, na porção elevada do terreno, tais estruturas estão especificadas a seguir.

As **Figuras 6.2-2 e 6.2-3**, ilustram os aspectos de ocupação da área e região.



Figura 6.2-2 – Ocupação Da Região da CTR Palmeiras (Sem Escala)



Figura 6.2-3 – Situação Atual de Ocupação do Terreno da CTR Palmeiras (Sem Escala)

6.2.3 Descrição Geral da CTR-Palmeiras

Conforme já especificado estas instalações do TMB-Piracicaba e demais infraestrutura de apoio foram objeto de licenciamento ambiental específico junto à Agência Ambiental de Piracicaba da CETESB, possuindo Licença de Instalação emitida pela CETESB (vide documentação inserida no Anexo I).

6.2.3.1 Áreas Construídas

Para a implantação do TMB-Jacareí e demais infraestrutura de apoio estão sendo utilizadas cerca de 12.100 m² situada na porção sudoeste da gleba do CTR-Palmeiras, as quais estão em fase de implantação e contemplarão basicamente:

- Portaria e balança de pesagem;
- Setor Administrativo, contendo escritórios, setor de educação ambiental, sanitários, refeitório
- Oficina de manutenção para os veículos coletores
- Galpões para a implantação do TMB-Piracicaba
- Tanques de apoio ao processo do TMB-Piracicaba e às demais atividades relacionadas à limpeza urbana

A seguir podem se observados o quadro das áreas construídas e das atividades ao ar livre relacionados à CTR-Piracicaba.

Descrição das Edificações	Área (m²)
Portaria	65,2
Prédio Operacional	1.320,0
Galpão 01	675,0
Galpão 02	450,0
Galpão 03	4.200,0
Galpão 04	3.360,0
Galpão 05	4.200,0
Galpão 06	5.800,0
Estoque Intermediário 01	310,0
Estoque Intermediário 02	310,0
Sala Elétrica	24,0
Distribuição De Calor 02	40,0
Distribuição De Calor 01	40,0
Biodigestor 01	270,0
Biodigestor 02	270,0
Biodigestor 03	270,0
Biodigestor 04	270,0
Total	21.874,2

Quadro 6.2.3.1-1 – Descrição das Edificações

Atividades ao ar Livre	Área (m²)
Biofiltro	1.000,0
Tanque De Percolado 01	450,0
Tanque De Percolado 02	450,0
Tanque De Percolado 03	450,0
Tanque De Aguas Pluviais	3.200,0
Tanque De Diesel 01 - Abastecimento Frota	48,3
Tanque De Diesel 02 - Biodigestor	17,5
Total	5.615,8

Quadro 6.2.3.1-2– Descrição das Atividades ao ar livre

6.2.3.2 Infraestrutura Básica da CTR-Palmeiras

Neste item são apresentadas a infraestrutura básica da CTR-Palmeiras que já encontra-se em fase de implantação e que também servirá ao aterro sanitário objeto do presente estudo, uma vez que foi dimensionada para o empreendimento como um todo, considerando sua máxima ocupação.

- Consumo de Água

A quantidade de água a ser utilizada nas fases de implantação e operação do aterro será fornecida através de poço artesiano que encontra-se em fase de regularização junto ao DAEE (ver documentação no Anexo I).

- Geração de Esgotos

Os esgotos domésticos gerados pelos funcionários, nas fases de implantação e operação, serão devidamente tratados em fossas sépticas construídas conforme estabelece a Norma Técnica NBR 7229 de set/1993 - Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos.

Os esgotos domésticos devidamente tratados será encaminhado para a disposição final em ETE devidamente aprovada e licenciada.

- Energia Elétrica

A energia elétrica necessária para o abastecimento das futuras residências será fornecida pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), conforme pode ser observado no comprovante de fornecimento apresentado no **Anexo I**.

- Geração de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos gerados pelo empreendimento serão encaminhados para o tratamento na TBM-Piracicaba situada nas dependências da CTR-Palmeiras.

- Horário de Funcionamento

A operação da CTR-Palmeiras está prevista para ocorrer de segunda a segunda, por 24 horas por dia.

A chegada dos resíduos na unidade ocorrerá num período que atenda à programação operacional de coleta, ou seja, os turnos de coleta regular domiciliar.

- Mão de Obra

Cerca de 70 pessoas deverão ser empregadas diretamente durante a fase de operação da CTR-Palmeiras (incluindo o TMB-Piracicaba), sendo 40 para o setor administrativo e 30 no setor produtivo.

6.2.4 Caracterização Geotécnica

6.2.4.1 Base de Dados

Para se levantar dados primários relativos às características geotécnicas da área de implantação do projeto e estabelecer diretrizes para o desenvolvimento do mesmo, foram realizadas campanhas de sondagens e de ensaios para levantamento das características do material local, a capacidade de suporte, posição de rocha, caracterização do solo e situação hidrogeológica. Os laudos das sondagens e ensaios são apresentados no **Anexo III**.

A localização dos ensaios e sondagens realizadas esta indicada no desenho 736-01 do projeto básico do Aterro Sanitário que está inserido no **Anexo II**.

6.2.4.2 Sondagens

Em dezembro de 2012 foram realizadas 13 (treze) sondagens SPT identificadas como SP 01 a SP 13, num total de 264,27 metros perfurados.

Em Julho de 2014 foram realizadas adicionalmente 10 (dez) sondagens SPT identificadas como SPT 15 a SPT 24, num total de 200,5 metros perfurados.

A **Tabela 6.2.4.2-1** apresentada a seguir sumariza os resultados dos serviços das sondagens citadas acima.

Os perfis geotécnicos elaborados a partir dos laudos das sondagens são apresentados no desenho 736-02 do projeto básico do Aterro Sanitário que está inserido no **Anexo II**.

A camada superficial dos solos presentes na área investigada corresponde a um solo de granulometria essencialmente argilosa (argila silto arenosa), com consistência muito mole a mole, espessuras variando entre 2 a 10 metros e espessura média de 6m.

Na camada seguinte, sub superficial, predominam solos argilosos, identificados como argila silto arenosa, com consistência mole a média, com espessura variável, atingindo profundidade de até 15 metros, espessura entre 2 a 10 metros e espessura média de 6m.

Em seguida a camada sub superficial predominam solos siltosos, identificados como siltes argiloso arenoso, com consistência média a dura, espessura entre 6 e 23 metros resultando em espessura média de 14,5m.

ID	Cota da Sondagem (m)	Prof. Da Sondagem (m)	Cota do fundo da Sondagem (m)	Nível de Água		Material impenetrável	
				Prof. (m)	Cota (m)	Prof. (m)	Cota (m)
SP01	599,50	15,29	584,21	14,75	584,75	15,29	584,21
SP02	586,40	27,30	559,10	18,05	568,35	-	-
SP03	579,65	31,25	548,40	19,03	560,62	-	-
SP04	562,50	12,20	550,30	6,35	556,15	-	-
SP05	600,85	20,98	579,87	18,04	582,81	20,98	579,87
SP06	597,35	31,18	566,17	17,70	579,65	-	-
SP07	589,55	24,20	565,35	18,20	571,35	-	-
SP08	579,40	19,30	560,10	18,70	560,70	-	-
SP09	562,60	14,30	548,30	5,73	556,87	-	-
SP10	597,80	14,52	583,28	14,05	583,75	14,52	583,28
SP11	588,50	21,25	567,25	19,04	569,46	-	-
SP12	578,55	19,25	559,30	18,13	560,42	-	-
SP13	561,40	13,25	548,15	3,07	558,33	-	-
SP15	590,00	20,45	569,55	Seco	-	-	-
SP16	577,60	20,45	557,15	Seco	-	-	-
SP17	589,90	20,45	569,45	Seco	-	-	-
SP18	578,60	20,45	558,15	Seco	-	-	-
SP19	565,20	20,45	544,75	Seco	-	-	-
SP20	591,20	20,45	570,75	Seco	-	-	-
SP21	579,40	20,45	558,95	Seco	-	-	-
SP22	567,20	16,45	550,75	11,00	556,20	-	-
SP23	590,70	20,45	570,25	Seco	-	-	-
SP24	581,20	20,45	560,75	Seco	-	-	-

Tabela 6.2.4.2-1 – Resultados Das Sondagens – Profundidade, Nível de Água e Impenetrável

As sondagens SP 01, SP 05 e SP 10 resultaram em impenetráveis em profundidades de 15 à 21 metros, indicando presença de fragmentos de rocha, blocos ou matacão.

Na região de implantação do aterro, os resultados de resistência a penetração das sondagens executadas, apresentam tipicamente os seguintes valores:

- Nspt entre 2 a 6 de 0m a 5m metros de profundidade, com Nspt médio igual a 3.
- Nspt entre 3 a 11 de 5m a 10m de profundidade, com Nspt médio igual a 6.
- Nspt entre 6 e 40 a profundidades superiores a 10m, com Nspt médio igual a 16.

As Figuras 6.2.4.2-1, 6.2.4.2-2 e 6.2.4.2-3, ilustram o descrito acima.

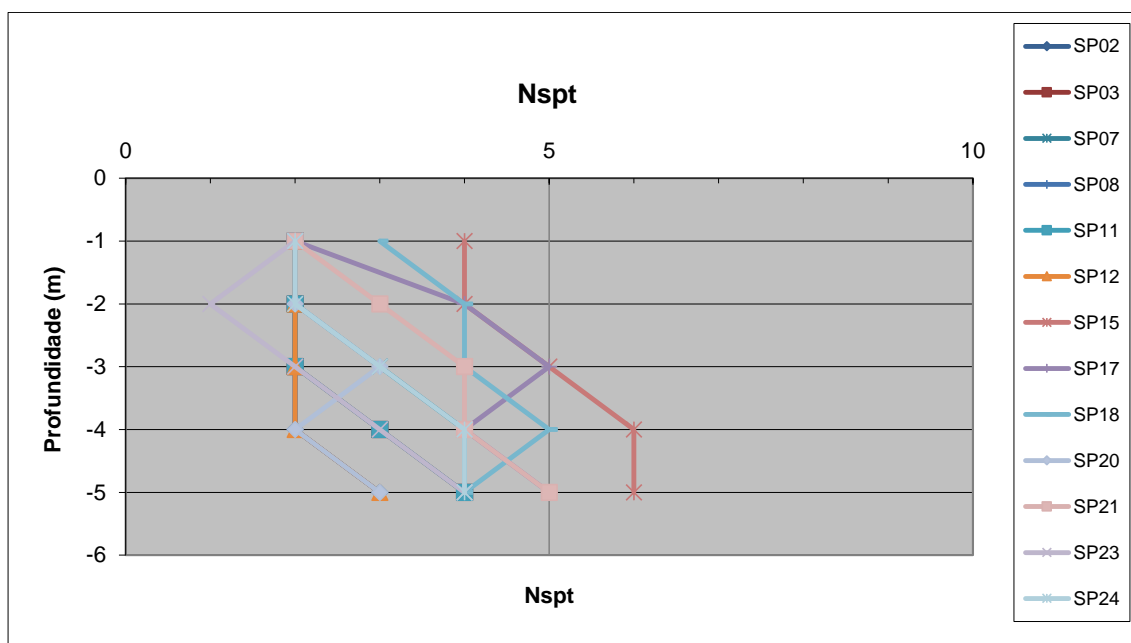


Figura 6.2.4.2-1 - Nspt de 0m A 5 Metros de Profundidade

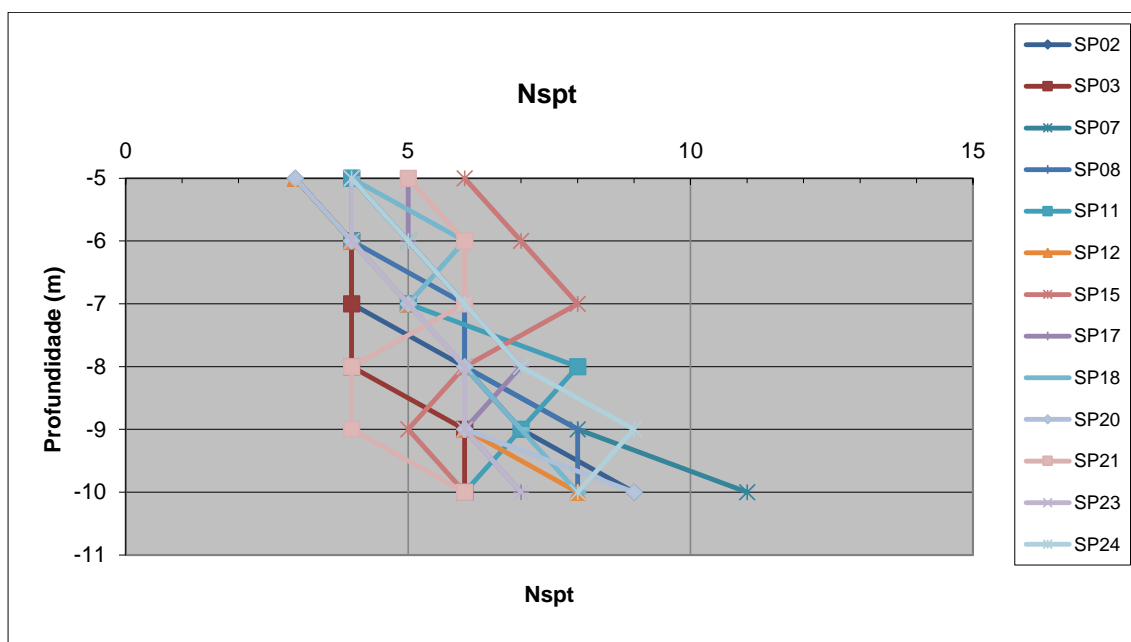


Figura 6.2.4.2-2 - Nspt de 5m A 10 Metros de Profundidade

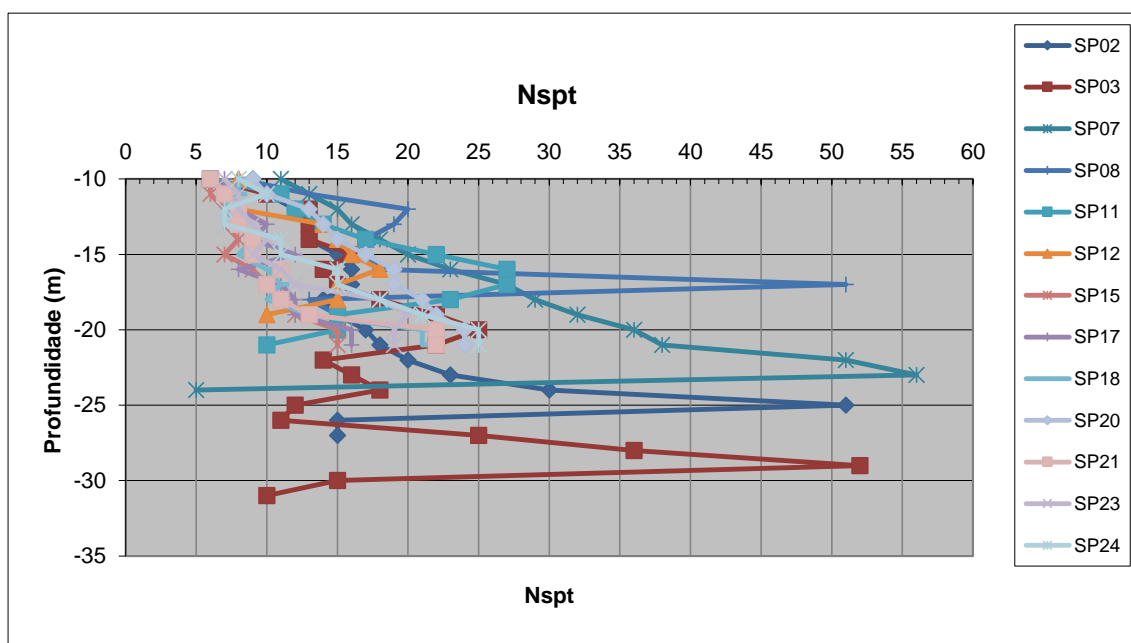


Figura 6.2.4.2-3 - Nspt Acima de 10 Metros de Profundidade

As **Figuras 6.2.4.2-4 e 6.2.4.2-5**, mostram o número de ocorrência dos valores Nspt agrupados conforme a consistência observada.

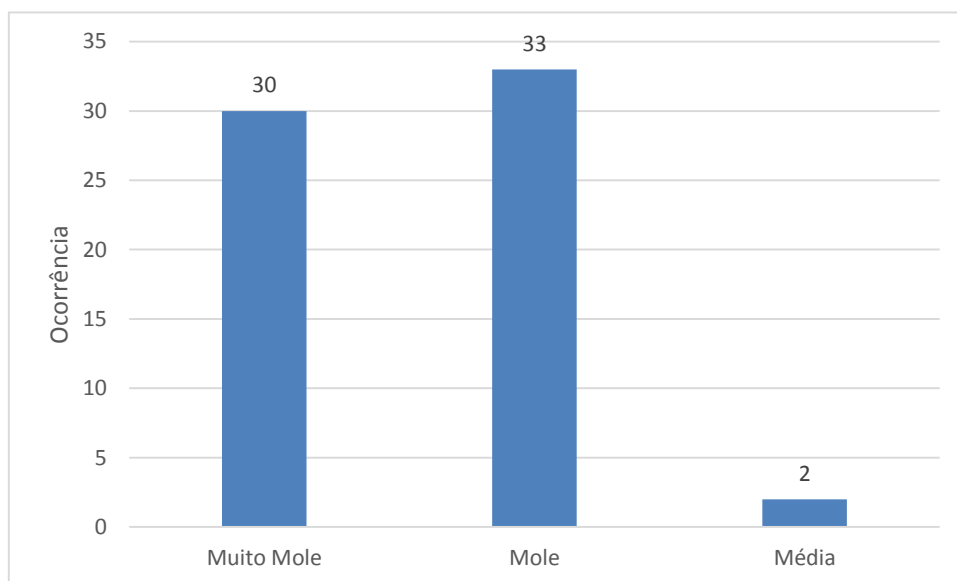


Figura 6.2.4.2-4 - Ocorrência do Estado de Consistência de 0 A 5 Metros de Profundidade

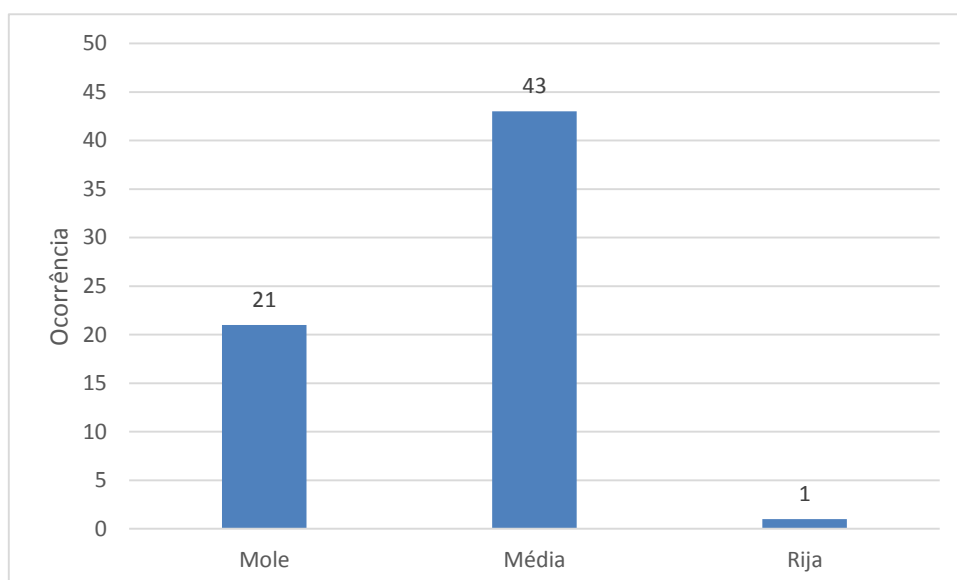


Figura 6.2.4.2-5 - Ocorrência do Estado de Consistência de 5 A 10 Metros de Profundidade

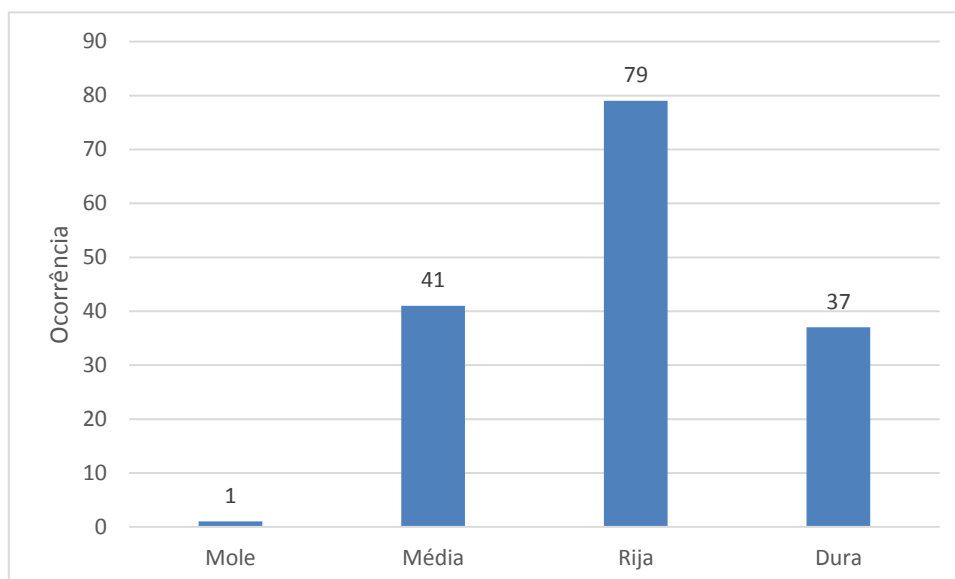


Figura 6.2.4.2-6 - Ocorrência do Estado de Consistência Superior a 10 Metros De Profundidade

Observa-se que de 0m a 5m de profundidade, predominam as classes de argila muito mole e argila mole, que representam 63 ocorrências (97%).

Já na profundidade de 5 a 10m não ocorre a classificação de argila muito mole, havendo predomínio de argila média (Nspt entre 6 a 10) com 43 ocorrências (66%).

Nas profundidades superiores a 10m há o predomínio da classe argila rija com 79 ocorrências (50%) seguida de argila média (26%) e argila dura (23%).

Pela discussão acima se pode concluir que do ponto de vista de fundação os primeiros 5m não possuem as condições adequadas de suporte ao maciço e devem ser removidos para serem utilizados nas demandas de implantação e operação do aterro.

A partir dos 5m de profundidade o solo local possui condições satisfatórias para suporte do maciço, devendo-se realizar o revolvimento e compactação dos solos mais fracos para se ter uma base mais uniforme e regular.

A escavação dos materiais, de 1ª categoria, poderá ser feita com equipamentos convencionais utilizados para movimento de terra.

6.2.4.3 Ensaio de Permeabilidade *In Situ*

Na campanha realizada em dezembro de 2012 foram realizados ensaios de permeabilidade in situ nos furos de sondagem SP 04, SP 09 e SP 13, utilizando-se como referência o procedimento recomendado por Boletim nº 04 – 1996, ABGE, Ensaio de permeabilidade em solos – Orientações para sua execução no campo. Os resultados estão apresentados na **Tabela 6.2.4.3 -1**.

ID	Intervalo (profundidade) do ensaio (m)	Intervalo Cota (m)	Material ensaiado	Coefficiente de permeabilidade (cm/s)
SP 04	2,00 à 4,00 acima do N.A.	560,50 à 558,50	Argila silto arenosa	$9,48 \times 10^{-6}$
SP 09	2,00 à 4,00 acima do N.A.	560,60 à 558,60	Argila silto arenosa	$9,79 \times 10^{-6}$
SP 13	2,00 à 4,00 acima do N.A.	559,40 à 557,40	Argila silto arenosa	$9,06 \times 10^{-7}$

Tabela 6.2.4.3-1– Resultado do Ensaio de Permeabilidade *In Situ*

6.2.4.4 Ensaio de Caracterização, Compactação e Permeabilidade

Foram enviadas ao laboratório 02 (duas) amostras deformadas e realizados ensaios conforme apresentado na **Tabela 6.2.4.4-1**. O relatório de ensaios realizados pela Rocha Fundações e Sondagens, julho de 2014, é apresentado no **Anexo II**.

Sondagem (nº)	Identificação	Profundidade (m)	Classificação Expedita	Ensaio Realizados
SP 16	01-SP16	2,00 à 4,00	Argila siltosa pouco arenosa, cor avermelhada	LL, LP, $\square\square\square$ GPS, PN, Kcv
SP 24	02-SP14	2,00 à 4,00	Argila siltosa pouco arenosa, cor avermelhada	LL, LP, $\square\square\square$ GPS, PN, Kcv

Tabela 6.2.4.4-1 – Ensaio Realizados

Onde:

- LL – limite de liquidez;
- \square – densidade real dos grãos;
- PN – compactação Proctor normal;
- LP – limite de plasticidade;
- GPS – granulometria por peneiramento e sedimentação
- Kcv - permeabilidade a carga variável.

6.2.4.5 Limites de Atterberg (LI E Lp)

Os ensaios de limites de Atterberg foram realizados segundo as normas ABNT 6459/84 Limite de Liquidez e ABNT 7180/84 Limite de Plasticidade. Os resultados são apresentados na **Tabela 6.2.4.5-1**.

ID	LL(%)	LP(%)	IP(%)
01-SP16	52,2	31,9	20,3
02-SP24	53,0	31,1	21,9

Tabela 6.2.4.5-1 - Resultado do Ensaio de Limites de Atterberg

6.2.4.6 Granulometria com Sedimentação

Foram realizados os ensaios de granulometria conjunta, peneiramento e sedimentação, segundo a norma ABNT 7181/84 Análise Granulométrica, conforme mostra a **Tabela 6.2.4.6-1**.

Amostra	Argila	Silte	Areia			Pedregulho
			Fina	Média	Grossa	
01-SP16	61,02	23,63	9,54	5,68	0,08	0,05
02-SP24	60,82	22,49	10,46	5,77	0,27	0,19

Tabela 6.2.4.6-1 – Resultado da Análise Granulométrica

O material foi caracterizado como argila siltosa pouco arenosa de cor avermelhada.

6.2.4.7 Permeabilidade Sob Carga Variável

Os ensaios de Permeabilidade sob carga variável foram realizados em laboratório segundo as premissas da NBR – 14545/00. Para a realização dos ensaios foram moldados os corpos de prova nas condições ótimas de umidade e utilizados grau de compactação de 95% e 98% do Proctor Normal, conforme mostra a **Tabela 6.2.4.7-1**.

ID	Intervalo (profundidade) do ensaio (m)	Intervalo Cota (m)	Material ensaiado	Coeficiente de permeabilidade (cm/s)	Grau de compactação do Proctor Normal (%)
SP 16	2,00 à 4,00 Acima do N.A.	575,60 à 573,60	Argila siltosa pouco arenosa	$3,70 \times 10^{-7}$	95,0
SP 16	2,00 à 4,00 Acima do N.A.	575,60 à 573,60	Argila siltosa pouco arenosa	$5,30 \times 10^{-8}$	98,0
SP 24	2,00 à 4,00 Acima do N.A.	558,75 à 556,75	Argila siltosa pouco arenosa	$5,70 \times 10^{-7}$	95,0
SP 24	2,00 à 4,00 Acima do N.A.	558,75 à 556,75	Argila siltosa pouco arenosa	$4,10 \times 10^{-8}$	98,0

Tabela 6.2.4.7-1 – Resultado do Ensaio de Permeabilidade

6.2.5 Hidrogeologia e Drenagens

Conforme resultados das sondagens apresentados anteriormente, o registro da profundidade do nível de água apresentou dois cenários distintos:

- Nas sondagens SP 01 a SP 13, realizadas em novembro 2012, o nível de água subterrânea foi interceptado em todos os treze furos de sondagem realizados, com as profundidades do nível de água variando de 3,07m (cota 558,33m) na região próxima ao fundo de vale, a 19,04m (cota 569,46m), nas porções centrais e mais elevadas do terreno. A profundidade média do lençol freático sob a região onde será implantado o aterro foi de 18,0m.

- Nas sondagens SP 15 a SP 24, realizadas em julho/2014, o nível de água subterrânea foi interceptado em apenas uma sondagem a profundidade de 11,00m, no SP 22, próximo a região do fundo de vale. O nível de água nas demais sondagens se encontrava abaixo de 20,45m, profundidade em que as sondagens foram paralisadas.

Os perfis geotécnicos apresentados no desenho 736-02 do projeto básico do Aterro Sanitário (**Anexo II**) mostram a posição do nível de água subterrânea.

Os dados obtidos indicam o que o terreno é um local de recarga do aquífero granular local, sendo que o aquífero possui um caráter livre, com gradiente congruente com a topografia local.

A descarga natural das águas subterrâneas ocorre possivelmente no Ribeirão das Palmeiras, único curso de água presente no local.

Em termos de drenagens superficiais, o terreno está inserido na sub bacia do Ribeirão das Palmeiras, sendo portanto o local de descarga do escoamento superficial (run off) originado pelas precipitações.

6.2.6 Caracterização Climatológica

O Banco de Dados Climáticos do Brasil (Embrapa) apresenta as seguintes normais climatológicas para o município, conforme mostra a **Tabela 6.2.6-1**.

Com relação ao balanço hídrico, observa-se que o excedente hídrico ocorre no verão, entre dezembro e março resultando em excedente anual de 259mm. A **Figura 6.2.6-1**, ilustra o extrato do balanço hídrico.

Município: Piracicaba - SP

Latitude: 22,70 S Longitude: 47,63 W Altitude: 490 m Período: 1917-1998

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,4	241	124	100	124	0	117
Fev	24,5	190	114	100	114	0	76
Mar	23,9	131	114	100	114	0	17
Abr	21,7	52	82	74	78	4	0
Mai	19,4	38	61	59	53	8	0
Jun	18,1	40	48	54	44	3	0
Jul	17,9	23	48	43	35	13	0
Ago	19,7	25	62	29	38	24	0
Set	21,1	50	75	23	56	18	0
Out	22,3	122	94	51	94	0	0
Nov	23,0	126	103	74	103	0	0
Dez	23,6	192	117	100	117	0	48
TOTAIS	259,6	1.230	1.042	807	971	70	259
MÉDIAS	21,6	103	87	67	81	6	22

Tabela 6.2.4.9-1 – Dados Climáticos

Fonte: ESALQ/USP. T Temperatura Média Mensal do Ar - P Precipitação Total Média - ETP Evapotranspiração Potencial - ARM Armazenamento - ETR Evapotranspiração Real - DEF Deficiência Hídrica - EXC Excedente Hídrico

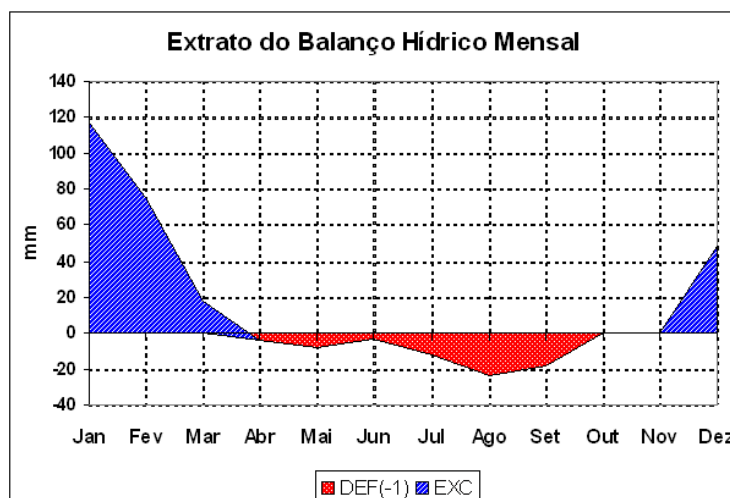


Figura 6.2.6-1– Extrato do Balanço Hídrico Mensal

Em termos de precipitações, a seguir são reproduzidos valores médios mais recentes obtidos entre 1.991 e 2014 no município de Piracicaba, divulgados pela CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Estado de São Paulo), conforme mostra a **Tabela 6.2.6-2**.

Mês	P (mm)
Janeiro	263,0
Fevereiro	144,0
Março	156,9
Abril	71,5
Maio	64,4
Junho	40,8
Julho	44,3
Agosto	27,6
Setembro	53,8
Outubro	98,2
Novembro	124,4
Dezembro	182,3

Tabela 6.2.6-2 – Média das Precipitações entre 1991 e 2014 no Município de Piracicaba

Fonte: CIIAGRO (www.ciagro.sp.gov.br) – P = Precipitação Total Média

6.3 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO PROPOSTO

O projeto básico do aterro sanitário em questão foi elaborado pela Ambconsult Estudos e Projetos Ambientais Ltda, sob a responsabilidade do Engenheiro Jorge Ernesto Fein, sendo que a ART pode ser observada no **Anexo II**, juntamente com o projeto básico.

6.3.1 Critérios para o Plano de Ocupação

Para a definição do plano de ocupação do aterro sanitário objeto do estudo considerou-se:

- As características físicas (topografia, geotécnicas, hidrogeologia) da área;
- As situações apontadas no uso e ocupação da área principalmente em termos de cobertura vegetal e recursos naturais;
- As Unidades operacionais e demandas previstas;
- Infraestrutura de apoio existente;
- Acessos existentes.

6.3.2 Descrição Geral Da Concepção

O arranjo geral de implantação do aterro é apresentado no desenho 736-10 do Projeto Básico.

6.3.2.1 Acesso

O acesso ao Aterro será realizado a partir das vias de circulação implantadas para a operação do TMB. Prevê-se a implantação de rotatória dentro da gleba para ordenar a movimentação do transporte do resíduo a ser disposto no aterro, seja diretamente após a pesagem na balança ou do resíduo originado no TMB.

A partir da rotatória será desenvolvido o acesso específico para a operação do Aterro, que terá trajeto ao longo do perímetro do mesmo e ramal para se atingir as lagoas de acumulação de percolato.

6.3.2.2 Aterros De Resíduos Classe IIA E Classe IIB

Sua localização foi selecionada em função de:

- Possibilitar a manutenção de cerca de 14m de espessura de solo argiloso com permeabilidade de ordem de 10^{-6} cm/s entre a base do aterro e o nível de água;
- Permitir posicionar o aterro a mais de 200m de distância em relação ao Ribeirão das Palmeiras;
- Permitir a utilização da faixa de terreno entre o aterro e o limite junto ao fundo de vale para a implantação de reserva legal e outras eventuais ações relacionadas a recomposição vegetal; e
- Permitir que as obras de implantação gerem o material necessário para a operação do aterro.

Desta forma, a concepção do aterro foi desenvolvida na parte central do imóvel, entre as cotas 593m e 578m. O maciço de resíduos será desenvolvido com a técnica de área, em vala escavada, a partir de cota 573m em camadas sequenciais até a cota 618m resultando em um volume geométrico de 4.400.000 metros cúbicos, ocupando uma área de 205.702 m².

A implantação e avanço do Aterro será realizado em 4 fases, no sentido norte – sul.

6.3.2.3 Lagoa de Acumulação de Percolado

Devido à posição do aterro de resíduos classe II e a condição do terreno, a lagoa para acumulação do percolado gerado será posicionada em platô escavado a jusante do aterro, de forma que sua alimentação seja realizada por gravidade.

Estão previstas duas lagoas a serem implantadas de acordo com o avanço do aterro.

6.3.3 Características Técnicas do Aterro De Resíduos Classe II

As características técnicas do aterro sanitário estão especificados a seguir.

6.3.3.1 Conformação Geométrica

a) Fundação

O maciço de resíduos terá como anteparo uma vala escavada no solo natural.

A definição da profundidade da vala levou em consideração as investigações geotécnicas realizadas, onde se procurou remover o material de menor consistência.

Além disso, para a definição do projeto considerou-se:

- A necessidade de se escavar as camadas superficiais de solo para servir como material de cobertura e demais serviços inerentes a implantação e operação do aterro;
- O corte dos taludes perimetrais da vala com inclinação de 2H:1V, de forma a garantir a estabilidade tendo em vista as características geotécnicas observadas nas investigações realizadas;
- A manutenção de espessura de 14m de solo local acima do nível de água subterrânea.
- Maximizar o rendimento volumétrico do aterro.

A fundação do aterro de resíduos será realizada a partir da atividade de movimento de terra, escavação para conformação da base da área onde será implantado o Aterro.

Será realizado o corte do solo local, caracterizado como argila silto arenosa, material de 1ª categoria.

Os cortes terão altura máxima de 6m. Ao final da escavação os taludes de corte, perimetrais a vala, terão inclinação 2H:1V. A base da escavação terá conformação de platô contínuo, paralela ao terreno natural, com declividade mínima de 4%, posicionada entre as cotas 593m e 573m.

Sobre a superfície final, regularizada e nivelada, será executada a camada de 0,6m de solo compactado com a energia mínima de 98% do Proctor Normal, que fará parte do sistema de impermeabilização.

Para a atividade de movimento de terra serão utilizados equipamentos convencionais, como trator de lamina, retroescavadeira e caminhão basculante.

O desenho 736-04 apresenta o plano geral de escavação.

b) Conformação dos Resíduos e Superfície Final

O aterro de resíduos será formado desde a base sendo alteado seqüencialmente, até atingir as cotas de encerramento.

O alteamento dos resíduos e sua superfície final se dará em camadas de 5m com taludes externos com inclinação 1V:2,0H entre bermas de 5m da largura com inclinação de 2% em direção ao pé do talude.

Quando finalizado, o maciço será composto por 09 camadas de resíduos, encerrado na cota 618m.

O desenho 736-10 e 11 do Projeto Básico apresenta a geometria do aterro.

6.3.4 Análise de Estabilidade

▪ Metodologia

Para a verificação da estabilidade geotécnica do maciço de resíduos e solo de fundação será utilizado um modelo matemático que calcula o fator de segurança de uma seção geotécnica pré-definida, considerando o equilíbrio de forças e momentos ao longo de superfícies de ruptura, na forma circular e não circular.

As análises de estabilidade foram executadas através do programa Slide 6.0 utilizando-se o método de Bishop simplificado.

Foram pesquisados cenários críticos em termos de estabilidade, considerando-se a presença de pressões neutras, condições geométricas e tipos de materiais envolvidos:

- Considerando a ruptura circular no maciço de resíduos;
- Considerando a ruptura circular considerando a influencia da fundação;
- Considerando planos preferenciais de ruptura no contato (interface) solo/geomembrana; e
- Considerando a ruptura circular no talude de corte no solo local.

Os resultados da análise de estabilidade são apresentados na forma de fator de segurança (FS) e refletem o risco de ocorrência de escorregamentos ou rupturas do maciço:

- $FS < 1,0$ indica uma condição instável, sendo provável que a ruptura ocorra;
- $1,0 < FS < 1,5$ reflete uma condição estável, porém não satisfatória, com baixa margem de segurança. Quanto mais próximo de 1,0 menor a margem de segurança; e
- $FS > 1,5$ situação segura e estável. Segundo a NBR ABNT 11682 o FS deve ser superior a 1,5 para casos que requerem grau de segurança alto, critério este adotado para o presente projeto de aterro de resíduos.

▪ **Seções Avaliadas**

A **Figura 6.3.4-1** mostra as seções avaliadas, que correspondem as de maior inclinação e maior altura de resíduos no alteamento. Os desenhos 736-02 e 736-11 do Projeto Básico apresentam as seções avaliadas em escala de projeto.

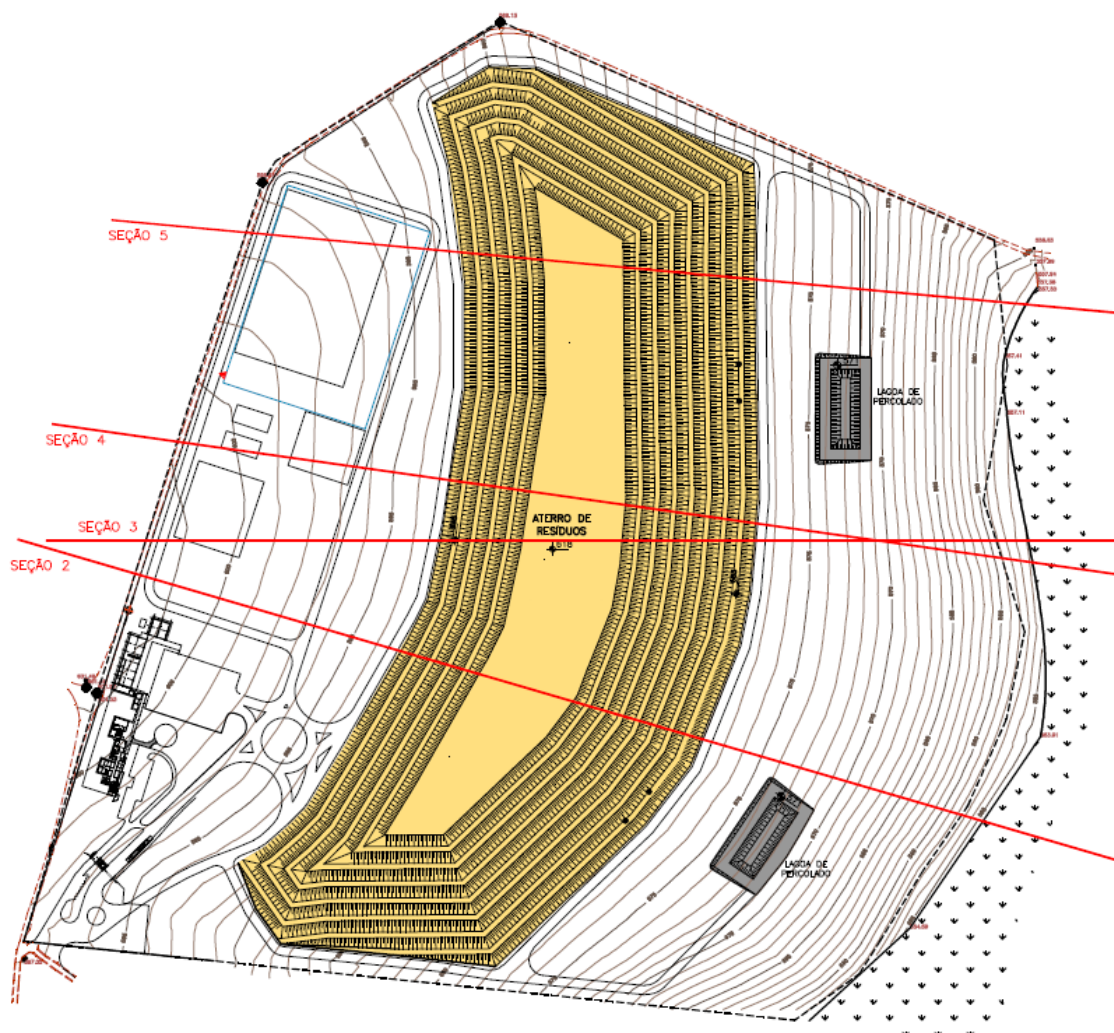
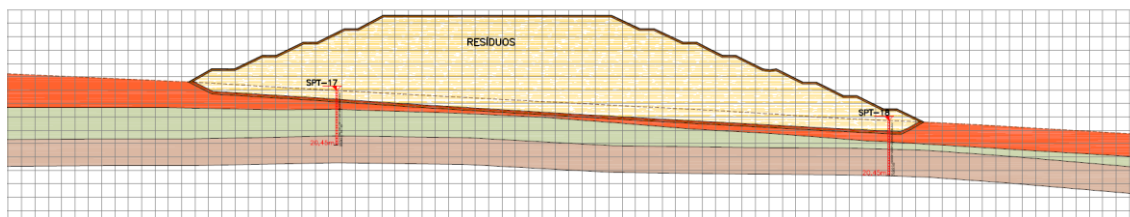
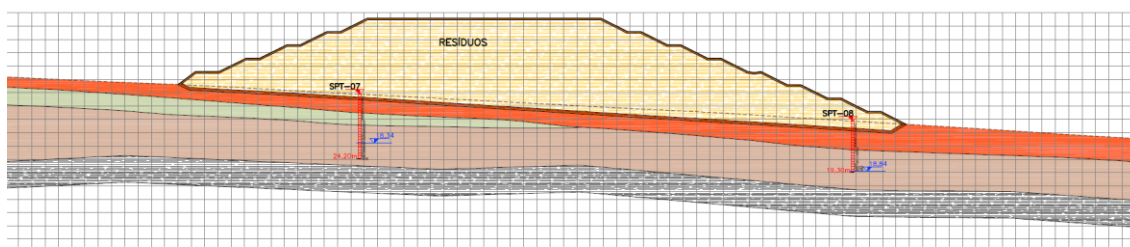


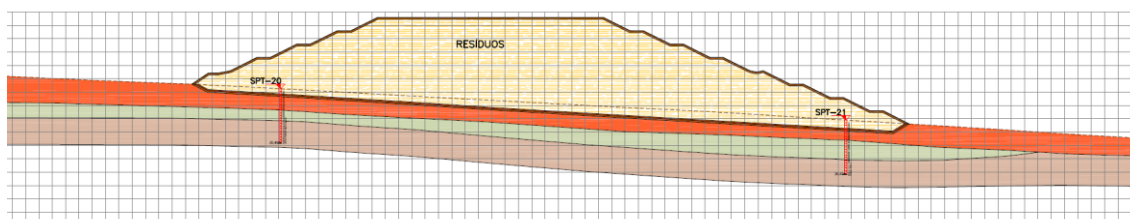
Figura 6. 3.4--1 – Localização das Seções para Cálculo da Estabilidade



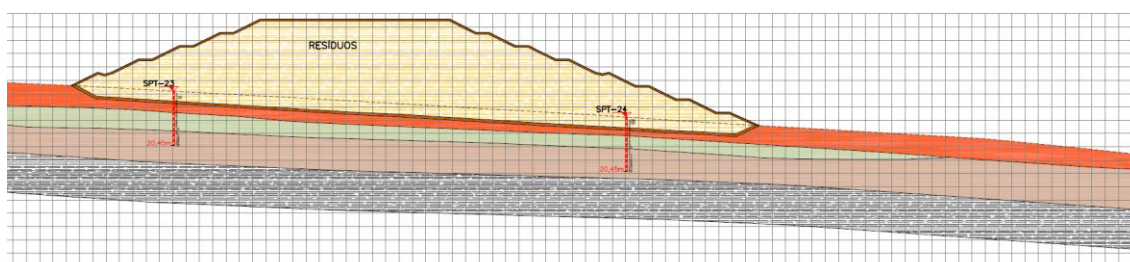
Seção 2



Seção 3



Seção 4



Seção 5

Figura 6.3.4-2 - Seções para Cálculo da Estabilidade

▪ Parâmetros de Cálculo

A **Tabela 6.3.4-1** a seguir apresenta os parâmetros de resistência dos materiais que compõe as seções de estabilidade estudadas.

Material	Coesão Efetiva C (KPa)	Ângulo de Atrito Efetivo φ	Peso Específico, γ (KN/m ³)
Resíduo Classe II A	14	28°	10
Geossintético	6	26°	10
Argila Silto Arenosa Muito Mole à Mole	10	23°	15
Argila Silto Arenosa Mole à Média	20	27°	14
Silte Argila Arenoso Médio à Duro	29	21°	16

Tabela 6.3.4-1 – Parâmetros Geotécnicos dos Materiais

Os parâmetros adotados para os resíduos foram obtidos da bibliografia e estudos de caso, sendo aceitos como típicos para maciços de resíduos domiciliares.

Para o material da fundação, os parâmetros foram definidos com base nos ensaios geotécnicos realizados no solo local, correlação com o número de golpes do ensaio de sondagem a percussão e tabela de pressões básicas da NBR 6122/1996.

▪ Pressões Neutras

Para o caso de maciços de resíduos domésticos, as pressões de gás e níveis de percolado no interior do maciço são relevantes no comportamento geotécnico do maciço.

O modelo matemático utilizado para a análise de estabilidade permite considerar estes efeitos através da adoção do coeficiente R_u , que relaciona a pressão neutra com a tensão total vertical de peso de resíduos:

$$R_u = u / \gamma_{(\text{resíduo})} \times h_{(\text{resíduo})}$$

$$u = \gamma_{(\text{percolado})} \times h_{(\text{coluna de percolado})}$$

u = pressão neutra (kN/m²), (corresponde às pressões no fluido que preenchem os vazios)

γ = peso específico (kN/m³)

h = altura de aterro (m)

▪ Resultados

Os resultados das modelagens são apresentados na **Tabela 6.3.4-2**.

Seção	Fator de segurança (FS)	Ru	Superfície de ruptura
2	2,286	0	Talude de Corte
2	1,820	0,2	Resíduo
2	2,920	0,2	Resíduo e fundação
2	1,719	0,2	Contato geomembrana/solo
3	2,577	0	Talude de Corte
3	1,844	0,2	Resíduo
3	2,644	0,2	Resíduo e fundação
3	1,925	0,2	Contato geomembrana/solo
4	2,495	0	Talude de Corte
4	1,848	0,2	Resíduo
4	2,556	0,2	Resíduo e fundação
4	1,921	0,2	Contato geomembrana/solo
5	2,693	0	Talude de Corte
5	1,826	0,2	Resíduo
5	2,791	0,2	Resíduo e fundação
5	1,933	0,2	Contato geomembrana/solo

Tabela 6.3.4-2 – Resultados – Valores de Fator de Segurança Obtidos

As figuras a seguir apresentam as seções de estabilidade analisadas, as superfícies de ruptura e os respectivos fatores de segurança obtidos.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
ARGILA SILTO ARENOSA MUITO MOLE A MOLE		15	Mohr-Coulomb	10	23	None	0
ARGILA SILTO ARENOSA MOLE A MEDIA		14	Mohr-Coulomb	20	27	None	0
SILTE ARGILO ARENOSO MÉDIO A DURO		16	Mohr-Coulomb	29	21	None	0



Figura 6.3.4-3 - Seção 2 – Talude de Corte

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
ARGILA SILTO ARENOSA MUITO MOLE A MOLE		15	Mohr-Coulomb	10	23	None	0
ARGILA SILTO ARENOSA MOLE A MEDIA		14	Mohr-Coulomb	20	27	None	0
SILTE ARGILO ARENOSO MÉDIO A DURO		16	Mohr-Coulomb	29	21	None	0
ATERRO		10	Mohr-Coulomb	14	28	None	0.2

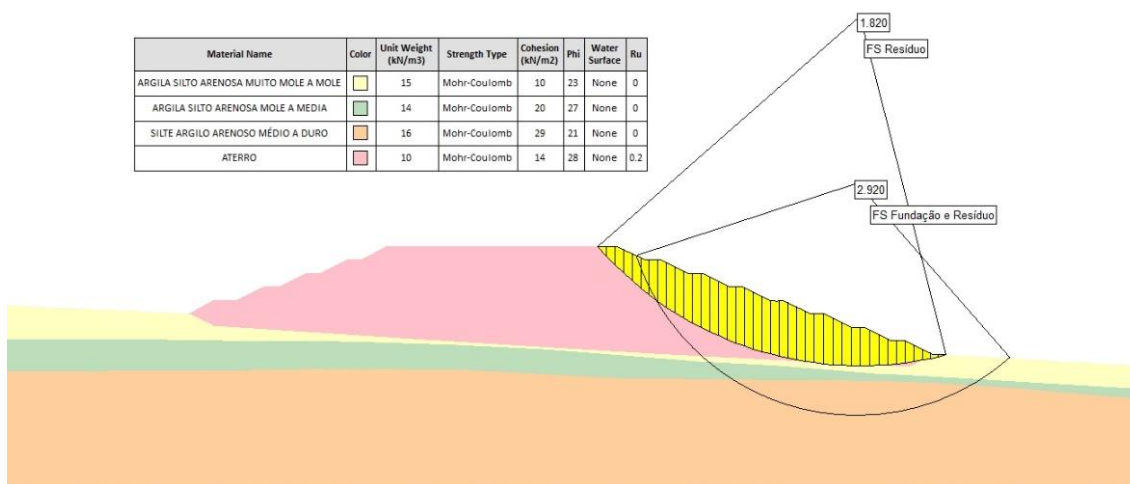


Figura 6.3.4-4 - Seção 2 – Resíduo e Fundação

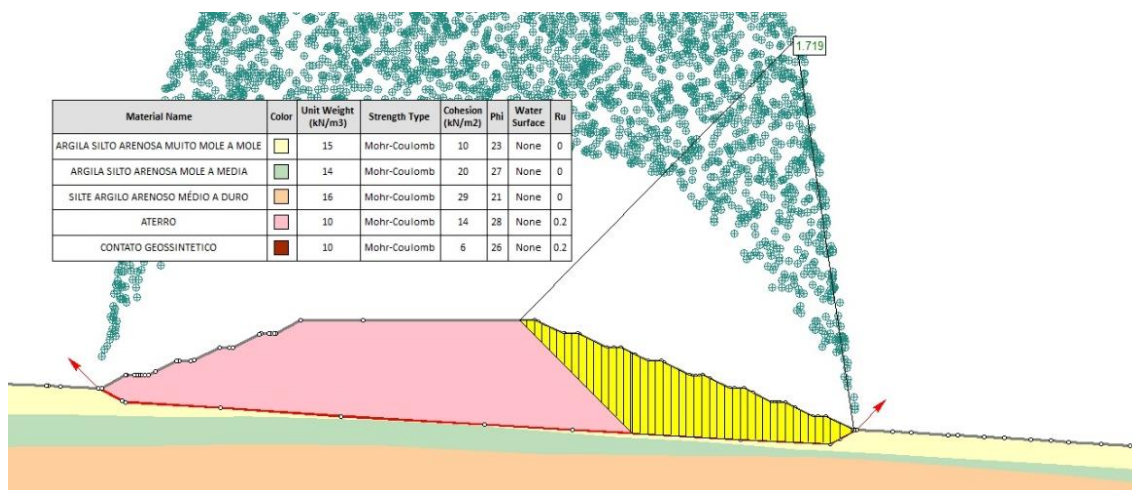


Figura 6.3.4-5 - Seção 2 – Contato Solo - Geomembrana

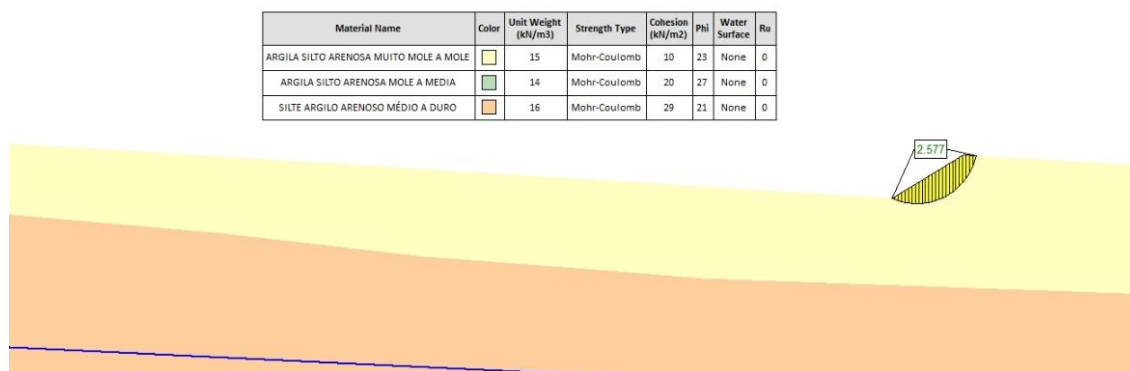


Figura 6.3.4-6 - Seção 3 – Talude de Corte

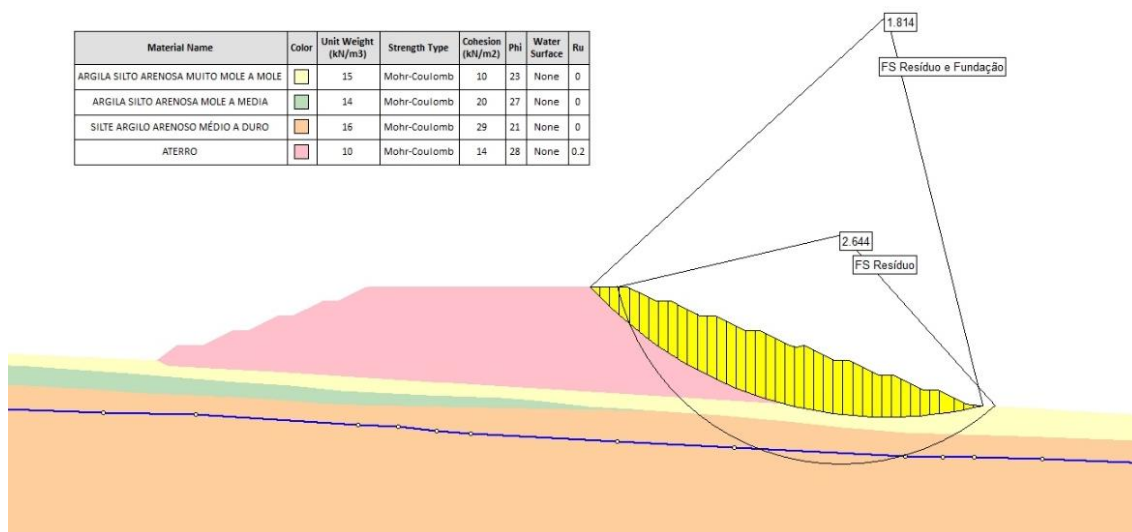


Figura 6.3.4-7 - Seção 3 – Resíduo e Fundação

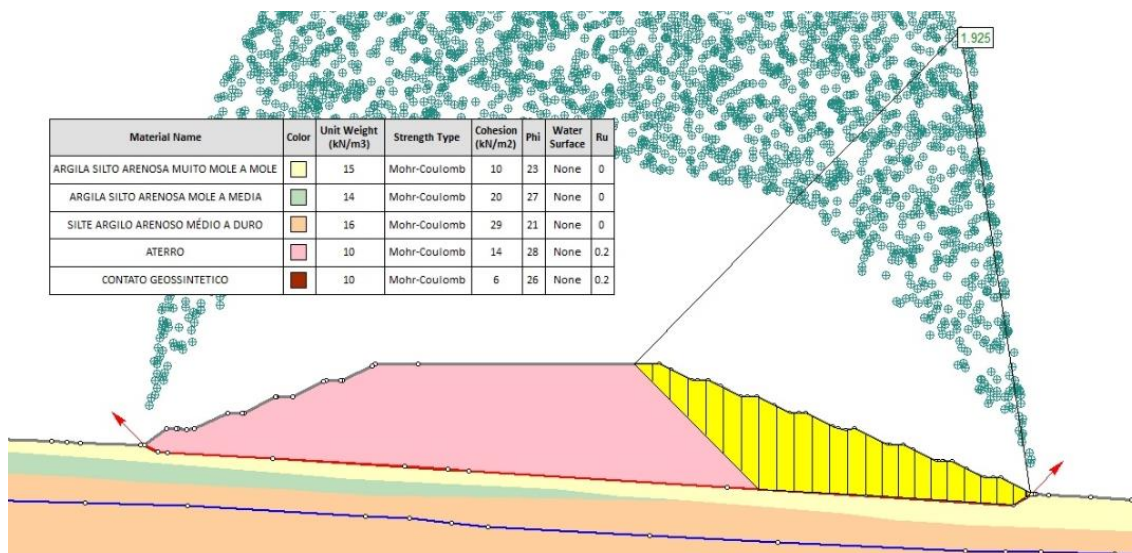


Figura 6.3.4-8 - Seção 3 – Contato solo – Geomembrana

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
ARGILA SILTO ARENOSA MUITO MOLE A MOLE		15	Mohr-Coulomb	10	23	None	0
ARGILA SILTO ARENOSA MOLE A MEDIA		14	Mohr-Coulomb	20	27	None	0
SILTE ARGILO ARENOSO MÉDIO A DURO		16	Mohr-Coulomb	29	21	None	0

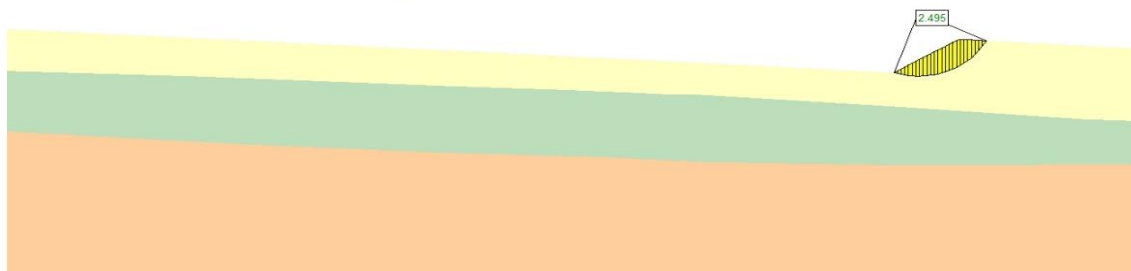


Figura 6.3.4-9 - Seção 4 – Talude de Corte

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
ARGILA SILTO ARENOSA MUITO MOLE A MOLE		15	Mohr-Coulomb	10	23	None	0
ARGILA SILTO ARENOSA MOLE A MEDIA		14	Mohr-Coulomb	20	27	None	0
SILTE ARGILO ARENOSO MÉDIO A DURO		16	Mohr-Coulomb	29	21	None	0

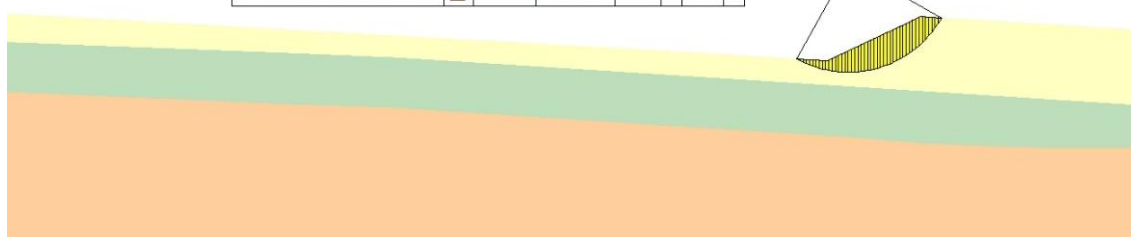


Figura 6.3.4-10 - Seção 5 – Talude de Corte

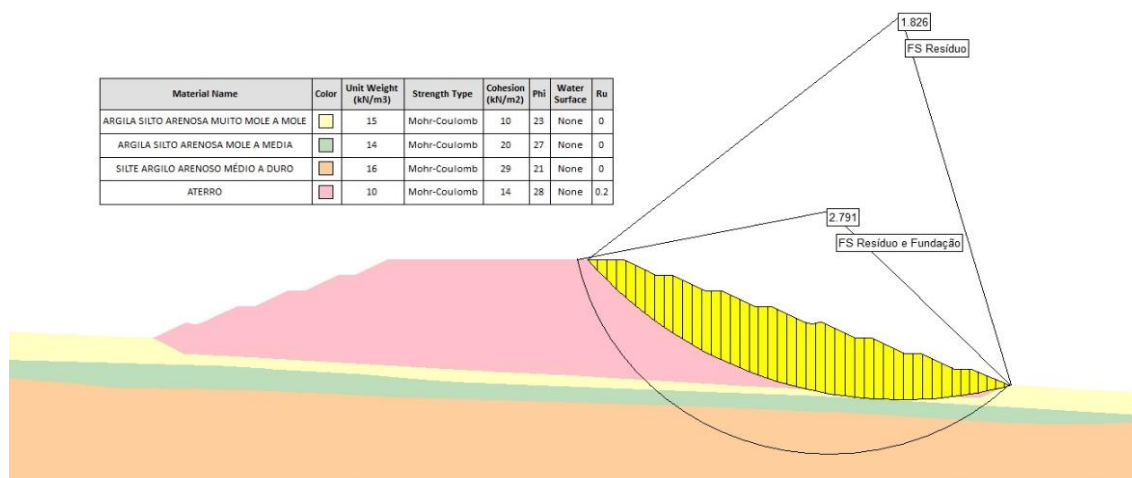


Figura 6.3.4-11 - Seção 5 – Resíduo e Fundação

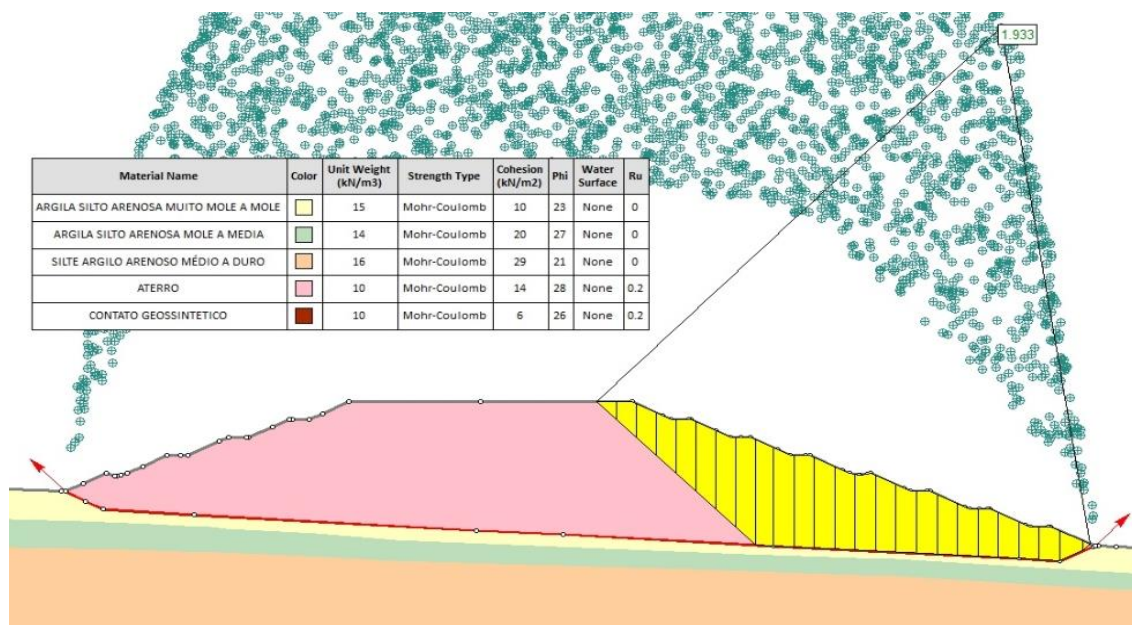


Figura 6.3.4-12 - Seção 5 – Contato Solo – Geomembrana

▪ Conclusões

As análises de estabilidade realizadas resultaram em Fatores de Segurança superiores a 1,7 atestando uma condição geotécnica do aterro plenamente satisfatória.

As condições e parâmetros utilizados deverão ser reavaliados ao longo da operação e encerramento do aterro através do monitoramento geotécnico contínuo.

6.3.5 Sistema de Impermeabilização

O sistema de impermeabilização será implantado em toda a área onde ocorrer a disposição de resíduos e portanto a geração de percolado, com a função de evitar a migração de contaminantes ao ambiente.

A impermeabilização contará com duplo sistema de barreiras hidráulicas composto por geossintético e camada mineral, conforme descrito abaixo (do fundo para o topo):

- Barreira mineral de solo argiloso local compactado com 98% da energia normal, com 0,6m de espessura e permeabilidade de $1,0 \times 10^{-7}$ cm/s.
- Geomembrana de PEAD de 2,0 mm de espessura, texturizada em ambas as faces.

A superfície impermeabilizada terá na base declividade mínima de 4% no sentido do ponto baixo de cada fase.

Os painéis de geomembrana de PEAD serão emendados por solda tipo termo fusão com acompanhamento de controle de qualidade da instalação, seguido de emissão de laudo da instalação. A geomembrana será ancorada em trincheira de ancoragem perimetral a área impermeabilizada.

Sobre a geomembrana de PEAD 2mm será aplicada uma camada de 0,4m de solo compactado para a proteção mecânica da geomembrana.

Os desenhos 736-05 e 06 do Projeto Básico (**Anexo II**) ilustram o descrito neste item.

6.3.6 Sistema de Coleta de Percolado

O percolado gerado no interior do maciço de resíduos será drenado por meio de um sistema composto de drenos de base, drenos verticais drenos horizontais de camada.

Esses elementos formarão um sistema de drenagem que garantirá a captação e drenagem do percolado do interior do maciço, encaminhando-o para o ponto baixo da bacia impermeabilizada, interno ao aterro, onde haverá caixa de passagem de onde um emissário encaminhará por gravidade os líquidos até a lagoa de acumulação de percolado.

Os desenhos 736-05, 07 e 08 do Projeto Básico (**Anexo II**) ilustram o descrito neste item.

Os drenos de base terão a configuração tipo “espinha de peixe”. Serão implantados com declividade mínima de 2%, sobre a camada de proteção mecânica da geomembrana de PEAD do sistema de impermeabilização.

A partir dos drenos de base, serão executados os drenos verticais, que promoverão a interligação entre os drenos horizontais de camada de resíduos e os drenos de base.

Os drenos verticais serão alteados conforme à execução das células de resíduos e serão interligados por meio dos drenos horizontais de camada, que serão executados ao final da operação da camada em operação.

O sistema de drenagem de percolado é descrito a seguir:

- Dreno de base secundário: Interligados aos drenos principais, os drenos secundários, serão constituídos de material drenante em brita 4 e brita 2, envelopado por geotêxtil não tecido 300g/m², instalados sobre o solo de proteção da geomembrana.
- Dreno de base principal: Será constituído de tubo dreno envolto por material drenante envelopado por geotêxtil não tecido, instalada sobre o solo de proteção mecânica. O material drenante será em brita 2 e brita 4, envelopado por geotêxtil não tecido 300g/m². O tubo dreno será do tipo corrugado de PEAD, DN 200mm, parede dupla, ranhurado, com interior em parede lisa (conforme AASHTO M 252).
- Dreno de base coletor: Instalado na posição do talvegue da base impermeabilizada, constituído de tubo dreno envolto por material drenante envelopado por geotêxtil não tecido, instalada sobre o solo de proteção mecânica. O material drenante será em brita 2 e brita 4, envelopado por geotêxtil não tecido 300g/m². O tubo dreno será do tipo corrugado de PEAD, DN 400mm, parede dupla, ranhurado, com interior em parede lisa, (conforme AASHTO M 252).
- Caixa de passagem: Para a conexão entre o dreno coletor e o emissário, será instalada caixa de passagem, implantada em laje armada e anéis de concreto de diâmetro 1.500mm. Este poço permitirá a inspeção do sistema e o eventual bombeamento do percolado.
- Emissário: Responsável pela ligação entre o poço de passagem e a lagoa de acumulação de percolado, será assentado em vala que deverá ser reaterrada com solo compactado. Será instalado um tubo de parede lisa, de PEAD, DE 400mm, PN

12,5, com declividade mínima de 2%.

- Drenos verticais: Serão implantados a partir dos drenos de base, envoltos na camada drenante e sobrelevados conforme o alteamento do aterro. Os drenos verticais serão apoiados em laje armada, com corpo em rachão contido em tela metálica tipo Telcom, apresentando 1,2m de diâmetro. No interior do rachão será instalada tubulação perfurada de concreto de 400 mm de diâmetro, PA2.
- Drenos horizontais de camada: Serão executados na superfície de cada camada de resíduos finalizada, interligando os poços verticais próximos. Terão seção típica de 0,6m x 0,6m, preenchidos com rachão e envolvidos por geotêxtil não tecido 300g/m².

6.3.7 Lagoas de Acumulação de Percolado

O armazenamento do percolado será realizado na lagoa de armazenamento de percolado, em platô escavado, impermeabilizada com geomembrana de PEAD 2,0mm lisa e solo compactado de 0,6m de espessura.

Serão implantadas duas lagoas independentes, com volume de armazenamento de 2.800m³ cada.

Em função da topografia do terreno e avanço do aterro, definiu-se que uma lagoa atenderá as Fase 1 e 2 e outra lagoa atenderá as Fases 3 e 4.

O volume da lagoa de acumulação será transferido por bombeamento para caminhão tanque e transportado para estação de tratamento externo licenciado.

Os desenhos 736-05 e 09 do Projeto Básico (**Anexo II**) apresentam o descrito acima.

6.3.8 Geração de Percolado

A estimativa dos volumes será realizada a partir da relação conhecida como Método Suíço que originalmente considera que o volume de líquidos percolados a ser drenado é função da precipitação pluviométrica sobre a área de disposição de resíduos e, da taxa de infiltração no resíduo, função do grau de compactação do resíduo depositado.

O método Suíço é dado pela seguinte fórmula:

$$Q = P \times A \times K$$

Onde:

Q = vazão de líquidos percolados

P = precipitação

A = área de contribuição do Aterro

K = coeficiente de infiltração

As vazões de percolado produzidas em um aterro são geradas na decomposição dos resíduos, pela umidade do resíduo e pelas contribuições devido às infiltrações pluviométricas. As condições físicas do aterro também são relevantes como áreas de contribuição, coberturas, dimensão das frentes de operação, geometria e eficiência dos drenos de percolado e eficiência do sistema de drenagem pluvial.

Na prática recente, procura-se definir o fator de infiltração levando-se em consideração retro análises tendo em conta medições de vazão de percolado e precipitações em aterros existentes, ou seja, as condições reais de campo.

Devido ao avanço projetado para o maciço de resíduos e a configuração dos drenos de base, dedicados a cada fase implantada, tem-se que o sistema específico será mais exigido quando a respectiva fase estiver toda implantada e contribuindo para a lagoa de acumulação a jusante.

Se adotará o coeficiente de infiltração máximo de $k = 0,5$ no momento em que a fase estiver completa, e em seguida, com valor decaindo após o encerramento da fase, pois uma vez que encerrada a operação de uma etapa, ela estará finalizada com cobertura de solo compactado ou manta de sacrifício, o que provoca uma redução da vazão de chorume gerado ao longo do tempo.

Quanto a precipitação, serão utilizados os valores médios informados pelo CIAGRO, conforme tabela 5.9 anterior. O valor médio anual é de 1.273mm.

O cálculo será realizado para obtenção do volume médio a ser gerado.

A Tabela 6.3.8-1 apresenta o cálculo do volume de percolado a ser gerado.

SITUAÇÃO NA FASE 1						
		Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Total
Precipitação anual	mm/ano	1273	0	0	0	
Área de contribuição	m2	57.086	0	0	0	
Coef. de infiltração		0,50	0,00	0,00	0,00	
Vazão media mensal	m3/mês	3.028	0	0	0	3.028
	m3/dia	101	0	0	0	101
	m3/h	4,21	0,00	0,00	0,00	4,21
	l/s	1,17	0,00	0,00	0,00	1,17
SITUAÇÃO NA FASE 2						
		Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Total
Precipitação anual	mm/ano	1.273	1.273	0	0	
Área de contribuição	m2	57.086	51.251	0	0	
Coef. de infiltração		0,30	0,50	0,00		
Vazão media mensal	m3/mês	1.817	2.718	0	0	4.535
	m3/dia	61	91	0	0	151
	m3/h	2,52	3,78	0,00	0,00	6,30
	l/s	0,70	1,05	0,00	0,00	1,75
SITUAÇÃO NA FASE 3						
		Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Total
Precipitação anual	mm/ano	1273	1273	1273	0	
Área de contribuição	m2	57086	51251	51621	0	
Coef. de infiltração		0,15	0,30	0,50		
Vazão media mensal	m3/mês	908	1631	2738	0	5.278
	m3/dia	30	54	91	0	176
	m3/h	1,26	2,27	3,80	0,00	7,33
	l/s	0,35	0,63	1,06	0,00	2,04
SITUAÇÃO NA FASE 4						
		Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Total
Precipitação anual	mm/mês	1273	1273	1273	1273	
Área de contribuição	m2	57.086	51.251	51.621	45.744	
Coef. de infiltração		0,10	0,15	0,30	0,50	
Vazão média mensal	m3/mês	606	816	1643	2426	5.490
	m3/dia	20	27	55	81	183
	m3/h	0,84	1,13	2,28	3,37	7,63
	l/s	0,23	0,31	0,63	0,94	2,12

Tabela 6.3.8-1 - Cálculo do Volume de Percolado a ser Gerado.

Conclusões

A vazão média de geração de percolado esperada é:

- Fase 1: 1,17 l/s
- Fase 2: 1,75 l/s
- Fase 3: 2,04 l/s
- Fase 4: 2,12 l/s

6.3.9 Verificações Da Capacidade Do Sistema De Drenagem De Percolado

6.3.9.1 Dreno Principal

O dreno principal será composto por trincheira em brita 2 e 4 e tubo dreno do tipo corrugado de PEAD, DN 200mm, com interior de parede lisa, instalado com no mínimo 2% ou de declividade.

VERIFICAÇÃO DRENO PRINCIPAL	
Capacidade da trincheira	
$Q_{\text{trincheira}} = K i A$ (Darcy)	
K condutividade hidráulica, cm/s	25
i = gradiente hidráulico mínimo, m/m	0,02
A = área da seção transversal, m²	1,45
Q trincheira, m³/s	0,00725
l/s	7,25
Capacidade do tubo dreno	
$Q = (1/n) \cdot A \cdot r_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$ (Manning)	
Q tubo dreno (m³/s)	0,030
Q tubo dreno (l/s)	30,000
n	0,01
diâmetro (mm)	200
y (lamina, m) - MEIA SEÇÃO	0,10
i (m/m)	0,02
V (m/s)	1,91
Capacidade total do dreno	
Qtot = Qtrincheira + (2 x Qtubo dreno)	
Qtot, m³/s	0,067
Qtot, l/s	67,250
Verificação	
Área máxima de contribuição, m²	12000
Q max, Vazão pico de percolado, l/s	0,61
Fator de segurança FS = Qtot/Qmáx	110,25
FS > 10 (Koerner 1995)	ok

6.3.9.2 Dreno Secundário

A seguir se apresenta a verificação da capacidade hidráulica dos drenos principais de percolado.

O dreno secundário será composto por trincheira em brita 2 e 4, instalado com 2% de declividade.

DIMENSIONAMENTO DRENO SECUNDARIO	
Capacidade da trincheira	
$Q_{\text{trincheira}} = K i A$ (Darcy)	
K condutividade hidráulica, cm/s	25
i = gradiente hidráulico, m/m	0,02
A = área da seção transversal, m ²	1,45
Q trincheira, m³/s	0,00725
l/s	7,25
Capacidade total do dreno	
Qtot, l/s	7,250
Verificação	
Área de contribuição, m ²	1250
Q max, Vazão MÁXIMA de percolado, l/s	0,10
Fator de segurança FS = Qtot/Qmáx	72,5
FS > 10 (Koerner 1995)	ok

6.3.9.3 Dreno Coletor

O dreno coletor receberá a contribuição dos drenos principais e secundários e alimentará o poço de passagem. Será composto de tubo dreno do tipo corrugado de PEAD, DN 400mm, ranhurado, com interior de parede lisa, envolto por trincheira em brita 2 e 4.

DIMENSIONAMENTO DRENO COLETOR	
Capacidade da trincheira	
$Q_{\text{trincheira}} = K i A$ (Darcy)	
K condutividade hidráulica, cm/s (rachão)	25
i = gradiente hidráulico, m/m	0,02
A = área da seção transversal, m ²	1,45
Q trincheira, m³/s	0,00725
l/s	7,25
Capacidade do tubo dreno	
$Q = (1/n) \cdot A \cdot r_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$ (Manning)	
Q tubo dreno (m³/s)	0,190
Q tubo dreno (l/s)	190,000
n	0,01
diâmetro (mm)	400
y (lamina, m) - MEIA SEÇÃO	0,2
i (m/m)	0,02
V (m/s)	3,02
Capacidade total do dreno	
Qttotal = Qtrincheira + (2 x Qtubo dreno)	
Qttotal , m ³ /s	0,387
Qttotal , l/s	387,250
Verificação	
Área máxima de contribuição, m ²	47000
Q max, Vazão pico de percolado, l/s	2,44
Fator de segurança FS = Qttotal/Qmáx	158,71
FS > 10 (Koerner 1995)	ok

6.3.9.4 Verificação dos Emissários

A seguir se apresenta a verificação da capacidade hidráulica dos emissários, responsáveis pela ligação entre o último poço de passagem e a lagoa de acumulação de percolado. Será instalado um tubo de parede lisa, de PEAD, DE 400mm, PN 12,5, com declividade de 2%.

DIMENSIONAMENTO DO EMISSÁRIO	
Capacidade do tubo	
$Q = (1/n) \cdot A \cdot r_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$ (Manning)	
Q tubo (m³/s)	0,160
Q tubo(l/s)	160,000
<i>n</i>	0,012
diâmetro (mm)	400
y (lamina,m) - MEIA SEÇÃO	0,200
i (m/m)	0,020
V (m/s)	2,55
Qtotál , m³/s	0,160
Qtotál , l/s	160,000
Fator de redução	10
Quantidade de tubos	1
Capacidade de projeto, l/s	16
Verificação	
Vazão de pico de percolato l/s	2,90
Fator de segurança FS = Qtotál/Qmáx	5,5
Capacidade de projeto > Qmáx	ok

6.3.9.5 Lagoas de Acumulação de Percolado

A capacidade da lagoa , vazão média e tempo de detenção estão especificados na tabela seguir, divididos por fases do projeto.

Fase	Capacidade da lagoa	Vazão média	Tempo de detenção
FASE 1	2.800m ³	101 m ³ /dia	28 dias
FASE 2	2.800m ³	151 m ³ /dia	18 dias
FASE 3	2.800m ³	91m ³ /dia	30 dias
FASE 4	2.800m ³	136m ³ /dia	20 dias

Tabela 6.3.9.5-1 – Características da lagoas de acumulação

6.3.10 Drenagem De Gás

Os gases serão captados de forma passiva da massa de resíduos através dos drenos verticais e horizontais instalados na massa de resíduos e, tratados pontualmente, através de queima em queimadores metálicos instalados na ponta externa do poço vertical.

Para tal, conforme prática corrente, os drenos verticais serão instalados com espaçamento da ordem de 50m entre si, a partir dos drenos de chorume de base

6.3.11 Cobertura Operacional

A cobertura operacional será utilizada sobre as áreas em espera e na frente de operação (célula) de determinada fase operacional para minimização de infiltração de águas pluviais na massa de resíduos, melhoria do aspecto geral do aterro e minimização de geração de odores. Será composta de uma camada de 0,2m de solo local compactado.

6.3.12 Cobertura Final

Os desenhos 736-10 e 06 do Projeto Básico (**Anexo II**) ilustram o descrito neste item.

A cobertura final é concebida para cumprir as seguintes funções:

- Minimizar em longo prazo a infiltração de água pluvial para o interior do aterro.
- Minimizar a erosão.
- Minimizar a manutenção intensiva a longo prazo.
- Ser compatível com o pós uso da área.

Uma vez atingidas as cotas da superfície final de resíduos, será implantada a cobertura final do aterro.

O sistema será implantado sobre todos os resíduos dispostos no aterro. Será composto por vários elementos, descritos a seguir (do fundo para o topo):

- Camada de solo de proteção, camada de solo com no mínimo 60 cm de espessura na área de bermas e taludes e, de 1,0 m de espessura no platô final.
- Cobertura vegetal, grama, para minimizar processos erosivos e potencializar a evapotranspiração.

Sobre a camada de solo compactado será realizada a implantação da cobertura vegetal. A cobertura vegetal inicial será realizada com o plantio de herbáceas (gramas e/ou leguminosas) em placas ou por hidrossemeadura para a proteção e acabamento das superfícies de solo exposto, taludes e bermas e platôs. A finalidade principal é a de proporcionar melhores condições de resistência a erosão e, de iniciar a composição do aspecto visual do empreendimento.

6.3.13 Rede de Monitoramento de Água Subterrânea

O monitoramento da água subterrânea será realizado através da rede de poços de monitoramento, com locação conforme indicado no desenho 736-16. Será implantada conforme o avanço do aterro.

Os poços de monitoramento serão executados conforme a Norma NBR 15495-1/2007 Poços de monitoramento em aquíferos granulares Parte 1: Projeto e construção, conforme mostra a **Tabela 6.13-1**.

Poço de Monitoramento	Posição em relação ao Aterro	Profundidade Prevista (m)	Profundidade do nível de água (m)	Comprimento do filtro (m)
PM 1	Jusante	20,0	18,0	2,0
PM 2	Jusante	20,0	18,0	2,0
PM 3	Jusante	20,0	18,0	2,0
PM 4	Montante	20,0	18,0	2,0
PM 5	Montante	20,0	18,0	2,0
PM 6	Montante	20,0	18,0	2,0
PM 7	Montante	7,0	5,0	2,0
PM 8	Montante	7,0	5,0	2,0
PM 9	Montante	7,0	5,0	2,0
PM 10	Montante	7,0	5,0	2,0

Tabela 6.3.13-1 – Características Construtivas dos Poços de Monitoramento

Os detalhes deste programa estão detalhados no capítulo 9 deste estudo.

6.3.14 Rede De Monitoramento Geotécnico

Para o monitoramento geotécnico do aterro será implantada instrumentação para fornecer informações quanto ao seu comportamento geotécnico.

O objetivo da rede de monitoramento geotécnico é:

- Medir os deslocamentos horizontais e verticais do aterro, através de marcos superficiais;
- Medir a pressão de gases e nível piezométrico de percolado no interior do maciço de resíduos.

Os pontos de monitoramento dos marcos superficiais e piezômetros foram selecionados para obtenção de dados do comportamento geotécnico do maciço e em especial nas seções analisadas no cálculo de estabilidade.

A instrumentação será composta por marcos superficiais e piezômetros, locados conforme a planta 736-16. Os detalhes dos instrumentos são apresentados no desenho 736-17.

6.3.14.1 Marcos Superficiais

O marco superficial é composto de elemento pré-moldado de concreto dotado de pino topográfico de metal engastado na face superior, instalados na superfície do aterro, em diferentes pontos, visando a medição de movimentos verticais e de movimentos horizontais do aterro e a obtenção das velocidades de deslocamento naquele ponto.

Os marcos devem possuir identificação e serem sinalizados e cercados/protegidos para evitar danos físicos devido a movimentação de máquinas.

6.3.14.2 Piezômetros

Este instrumento será do tipo sifão, que consiste em dois tubos concêntricos, de diâmetros diferentes, onde o tubo de diâmetro menor é perfurado em sua extremidade inferior, atuando como um piezômetro do tipo Casagrande, o outro tubo é perfurado em um trecho situado na camada de resíduo.

A extremidade superior é dotada de uma entrada do sensor de nível para leitura do nível de chorume e uma entrada para manômetro para medição da pressão de gás.

O instrumento é instalado em um furo de 150mm de diâmetro, preenchidos com uma camada de brita de 0,70m, uma de camada de seixo rolado e um selo de bentonita.

O manômetro a ser utilizado deve ter faixa de medição de até 2 bar e ser acoplado ao instrumento somente no momento da leitura.

Os piezômetros devem possuir identificação e serem sinalizados e cercados/protegidos para evitar danos físicos devido a movimentação de máquinas.

Os detalhes deste programa estão detalhados no capítulo 9 deste estudo.

6.3.15 Acessos

6.3.15.1 Acessos Definitivos

A circulação de veículos e equipamentos será realizada através dos acessos projetados no perímetro do aterro. A via principal possuirá caixa para rodagem de 7m de largura.

O perfil do acesso interno principal será constituído por:

- sub leito, solo local regularizado e compactado;
- Geotêxtil tecido para reforço do subleito, bidirecional, 25kN/m;
- Base e sub-base em brita 3 compactada, espessura de 0,2m;
- Revestimento com bica corrida compactada, espessura de 0,05m.

Os trechos com interferência direta nas fases serão desmobilizados a medida do avanço do aterro.

6.3.15.2 Acessos Operacionais

Os acessos operacionais serão realizados sobre as superfícies de solo de cobertura operacional de resíduos e/ou por via formada por regularização do solo natural a partir da via definitiva. Esta circulação se dará em especial sobre os platôs e bermas formados durante a conformação do aterro. Serão manejados conforme a posição da frente de descarga e fase operacional do aterro.

Para garantir a circulação dos veículos, as vias operacionais terão tratamento primário, podendo-se utilizar pedrisco, agregado reciclado ou similar.

6.3.16 Isolamento

O isolamento de toda a área do aterro sanitário será realizado com cerca complementada por cinturão verde e tem como objetivo evitar invasões do local por pessoas alheias aos serviços ali executados, bem como animais diversos.

O cinturão verde será implantado entre a cerca e o limite do aterro, com largura de 5m, conforme as especificações a serem definidas em plano paisagístico do empreendimento.

O desenho 736-10 do Projeto Básico (**Anexo II**) apresenta a locação do cinturão verde.

6.3.17 Drenagem Pluvial

6.3.17.1 Sistema de Drenagem Operacional

O desenvolvimento deste sistema visa permitir o escoamento das águas pluviais em áreas em que ainda não estiver implantado o sistema de drenagem definitivo, ao longo das etapas de desenvolvimento dos aterros.

Serão compostas de valetas a serem formadas por escavação na camada de cobertura de cada célula, e/ou formação de leiras com solo compactado, junto às ombreiras e ao longo das bordas externas das células, congruente com a situação topográfica, pontos baixos e localização do sistema de drenagem definitivo implantado.

Estas valetas poderão vir a ser revestidas, com material próprio para enrocamento (agregados e/ou solo cimento) ou grama, nos locais de menor declividade e de início de trecho.

6.3.17.2 Sistema De Drenagem Pluvial Definitivo

Para determinar a vazão que será captada e conduzida pelos dispositivos de drenagem, foi utilizado o Método Racional.

$$Q = C.i.A$$

Q = vazão drenada na seção considerada (m³/s).

C = coeficiente de escoamento superficial da bacia.

i = intensidade de chuva crítica (mm/min).

A = área da bacia contribuinte (m²).

Coeficiente de escoamento superficial da bacia (C)

Coeficiente adimensional de escoamento superficial (*runoff*), adotado em função do tipo de solo, da cobertura vegetal, da declividade da bacia, etc

É adotado para o projeto o valor de 0,4.

Intensidade de chuva crítica (i).

Para a determinação da relação Intensidade – Duração – Frequência foi utilizada a equação a seguir:

$$i = \frac{K.(TR)^a}{(t + b)^c}$$

I = Intensidade máxima média de precipitação (mm/h)




TR = tempo de recorrência em anos

K, a,b,c = parâmetros relativos a localidade

T = tempo de duração da chuva em horas

Os parâmetros da localidade foram obtidos através do programa Pluvio 2.1 – chuvas intensas para o Brasil, conforme a **Figura 6.317.2-1**.

Data de emissão do relatório: 30/09/2014



Copyright (2005) © GPRH

RELATÓRIO

Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação

LOCALIZAÇÃO:

Localidade: Piracicaba **Estado:** São Paulo

Latitude: 22°43'31"

Longitude: 47°38'57"

PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:

K: 1773,932

a: 0,173

b: 24,999

c: 0,798

MAPA DE LOCALIZAÇÃO:

Figura 6.3.17.2-1 – Parâmetros de Localidade Obtidos Através do Programa Pluvio 2.1

Utilizando os parâmetros citados acima, $TR = 10$ anos e $t_c = 5$ minutos e 10 minutos, a intensidade de chuva para projeto resulta em:

- $i = 175,0676$ mm/h (2,917793 mm/min) para $t_c = 5$ minutos
- $i = 154,80343$ mm/h (2,5800571 mm/min) para $t_c = 10$ minutos

6.3.17.3 Definição das Áreas Bacias de Contribuição

As bacias de contribuição foram definidas em função da conformação topográfica da área, declividades os pontos de controle de cada bacia, pontos de encontro de elementos de drenagem, mudanças de declividade, entrada e saída de elementos de drenagem.

Foi realizado com base no desenho funcional do sistema, no qual foram identificados os trechos de referência para o dimensionamento e verificação de capacidade.

A **Figura 6.3.17.3-1**, indica as áreas de drenagem consideradas

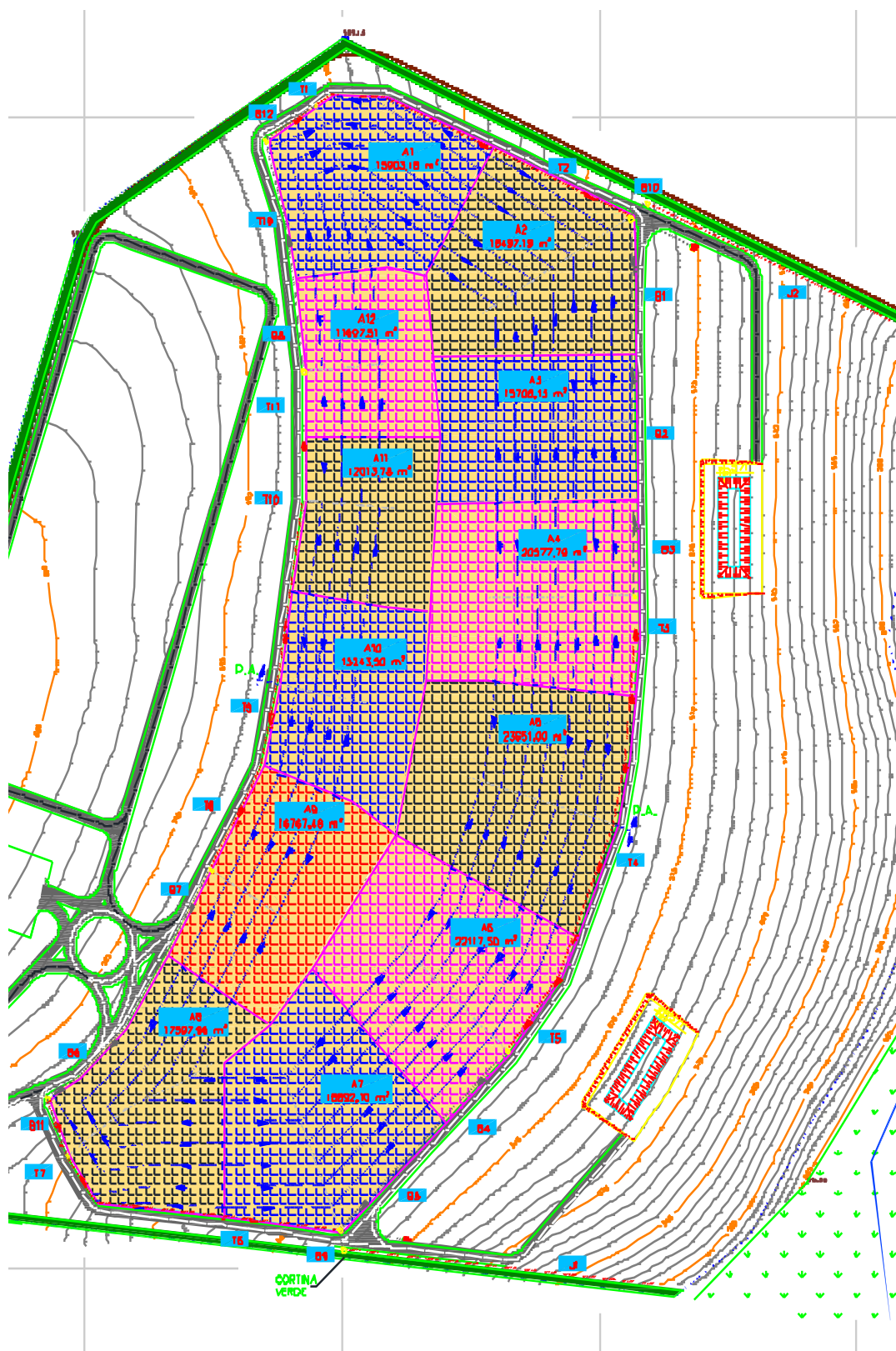


Figura 6.3.17.3-1 – Indicação das Áreas de Contribuição e Trechos de Referência (Sem Escala)

Utilizando os parâmetros definidos acima, as vazões para cada área de contribuição foram calculadas, apresentados na **Tabela 6.3.17.3-1**.

Bacia	Área (m²)	Vazão (m³/s)
A1	15903,180	0,309
A2	18497,190	0,360
A3	15706,130	0,306
A4	20577,790	0,400
A5	23651,000	0,460
A6	22117,500	0,430
A7	18892,100	0,367
A8	17597,960	0,342
A9	16767,480	0,326
A10	15243,500	0,297
A11	12013,780	0,234
A12	11607,510	0,226

Tabela 6.3.17.3-1 – Vazões Calculadas dos Elementos de Drenagem

6.3.17.4 Dimensionamento dos Elementos de Drenagem

Para o dimensionamento dos elementos de drenagem será utilizada a fórmula de Chezy/Manning:

$$Q = (1/n) \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Q = vazão (m³/s)

n = coeficiente de atrito

A = área da seção do canal (m²)

RH = raio hidráulico (m)

I = declividade do canal

▪ Canaletas Meia Cana sobre o Aterro de Resíduos

Para as canaletas meia cana pré moldadas em concreto, instaladas nas bermas do aterro junto aos pés dos taludes, é utilizado como critério de cálculo coeficiente de rugosidade $n = 0,013$, declividade mínima de $0,005\text{m/m}$ e velocidades compreendidas entre $0,5$ e $4,0\text{m/s}$.

Para fim de dimensionamento, através da planta do sistema do sistema de drenagem pluvial e figura anterior, foi realizado a verificação de capacidade para a maior área de contribuição para o elemento de drenagem, conforme a **Tabela 6.3.17.4-1**.

A (m ²)	2000
c	0,4
i (mm/min)	2,918
i (m/seg)	4,86333E-05
Q (m³/s)	0,039
n	0,013
diâmetro (mm)	400
y (lamina, m)	0,20000
i (m/m)	0,0050
V (m/s)	0,62

Tabela 6.3.17.4-1– Verificação de Capacidade para a Maior Área de Contribuição para o Elemento de Drenagem

Nas condições adotadas para cálculo, a canaleta possui capacidade máxima para drenar uma área equivalente a $3.000,00\text{ m}^2$.

▪ Descida em Canal Trapeizodal Revestido em Manta de Gabião

As descidas de água sobre o maciço de resíduos serão revestida com manta de gabião. Para cálculo será utilizado coeficiente de rugosidade de $0,027$ e velocidades máxima de $4,0\text{m/s}$ para espessura de $0,23\text{m}$ (ref. Macaferri do Brasil). A declividade equivale a do talude final, $0,5\text{m/m}$ (1V:2H).

As áreas de contribuição a estas descidas de água variam de 6.096m^2 a 23.650m^2 . Para fins de padronização, foram definidas duas dimensões (seções) para atender a estas situações.

Para áreas de contribuição até 20.000m^2 será utilizado o elemento com base de $1,0\text{m}$. Para áreas de contribuição superiores a 20.000m^2 será utilizado o elemento com base de $2,0\text{m}$. A

Tabela 6.3.17.4-2 apresenta o cálculo de verificação de capacidade.

A (m ²)	10000	15000	20000	25000
Q (m ³ /s)	0,195	0,292	0,389	0,486
<i>n</i>	0,027	0,027	0,027	0,027
b base menor	1	1	1	2
Angulo	34	34	34	34
B base maior	1,15	1,21	1,27	2,18
y (lamina, m)	0,05000	0,07000	0,09000	0,06000
i (m/m)	0,500	0,500	0,500	0,500
V (m/s)	3,62	3,78	3,81	3,88

Tabela 6.3.17.4-2 – Cálculo de Verificação de Capacidade

A descida de água terá base de 1,0m ou 2,0m, altura total de 0,3m com parede lateral com inclinação 1,5H:1V, revestida em painel de gabião com espessura de 0,23m.

▪ **Canais Retangulares revestidos em concreto**

No perímetro do aterro serão instalados elementos de drenagem compostos de canais retangulares revestidos em concreto.

Serão instalados acompanhando a declividade do terreno, ou eventualmente, com declividade superior na base para atender as condições de fluxo requeridas.

Para estes canais considera-se o revestimento em concreto, coeficiente de rugosidade 0,015 e velocidades compreendidas entre 0,5 e 5,0m/s.

O dimensionamento destes trechos é apresentado na **Tabela 6.3.17.4-3**.

Trecho	A (m2)	i (m/seg)	Q (m3/s)	base (m)	B base maior (m)	y (lamina,m)	Altura total (m)	i (m/m)	V (m/s)
T1	54767,97	4,3001E-05	0,942	0,6	0,60	0,450	0,60	0,0470	3,49
T2	73265,16	4,3001E-05	1,260	0,8	0,80	0,400	0,60	0,0300	3,94
T3	44228,79	4,3001E-05	0,761	0,8	0,80	0,600	0,70	0,0050	1,58
T4	23651,00	4,3001E-05	0,407	0,6	0,80	0,500	0,60	0,0050	1,36
T5	45768,50	4,3001E-05	0,787	0,8	0,80	0,600	0,70	0,0050	1,64
T6	53257,54	4,3001E-05	0,916	0,6	0,60	0,450	0,60	0,0300	3,39
T7	49608,94	4,3001E-05	0,853	0,6	0,60	0,450	0,60	0,0300	3,16
T8	32010,98	4,3001E-05	0,551	0,8	0,80	0,500	0,60	0,0050	1,38
T9	15243,50	4,3001E-05	0,262	0,6	0,60	0,350	0,60	0,0050	1,25
T10	27257,28	4,3001E-05	0,469	0,8	0,80	0,400	0,60	0,0050	1,47
T11	38864,79	4,3001E-05	0,668	0,8	0,80	0,500	0,60	0,0050	1,67

Tabela 6.3.17.4-3 – Dimensionamento dos Trechos dos Canais Retangulares

▪ Bueiros de Travessia de Greide

Para a travessia dos acessos e no perímetro do aterro, serão implantados bueiros simples em tubo de concreto (BSTC).

É utilizado como critério de cálculo coeficiente de rugosidade $n = 0,013$, e velocidades compreendidas entre 0,5 e 4,0 m/s, conforme **Tabela 6.3.17.4-4**.

Trecho	A (m2)	i (m/seg)	Q (m3/s)	diâmetro (mm)	y (lamina,m)	i (m/m)	V (m/s)
B1	78432,11	4,3001E-05	1,349	1000	0,70000	0,0050	2,30
B2	59934,92	4,3001E-05	1,031	1000	0,60000	0,0050	2,10
B3	44228,79	4,3001E-05	0,761	1000	0,50000	0,0050	1,94
B4	45768,50	4,3001E-05	0,787	1000	0,50000	0,0050	2,00
B5	64660,60	4,3001E-05	1,112	1000	0,60000	0,0050	2,26
B6	49608,94	4,3001E-05	0,853	1000	0,50000	0,0050	2,17
B7	32010,98	4,3001E-05	0,551	1000	0,40000	0,0050	1,88
B8	38864,79	4,3001E-05	0,668	1000	0,50000	0,0050	1,70
B9	114269,54	4,3001E-05	1,965	1200	0,80000	0,0050	2,45
B10	149967,56	4,3001E-05	2,579	1200	0,95000	0,0050	2,69
B11	49608,94	4,3001E-05	0,853	1000	0,50000	0,0050	2,17
B12	54767,97	4,3001E-05	0,942	1000	0,55000	0,0050	2,13

Tabela 6.3.17.4-4 – Dimensionamento dos Bueiros de Travessia de Greide

▪ **Canal Trapezoidal revestido em Manta de Gabião**

Estes canais serão os elementos finais do sistema, através dos quais será feito o descarte no corpo receptor.

É utilizado como critério de cálculo coeficiente de rugosidade $n = 0,027$, e velocidades compreendidas entre 0,5 e 4,0 m/s, conforme mostra a **Tabela 6.3.17.4-5**.

Trecho	A (m ²)	i (m/seg)	Q (m ³ /s)	base (m)	B base maior (m)	y (lamina,m)	Altura total (m)	i (m/m)	V (m/s)
J1	114269,54	4,3001E-05	1,965	1	3,97	0,300	1,00	0,0470	4,53
J2	117956,58	4,3001E-05	2,029	1	3,97	0,350	1,00	0,0300	3,82

Tabela 6.3.17.4-5 – Dimensionamento do Canal Trapeizoidal

6.3.17.5 Resumo Dos Elementos De Drenagem

A **Tabela 6.3.17.5-1** apresenta os elementos de drenagem por trecho dimensionado com o seu código e especificação. Os detalhes dos elementos estão apresentados nos desenhos do projeto.

Trecho	Comprimento (m)	Código	Descrição
T1	191	DR 7A 2	Canal retangular revestido de concreto b=0,6
T2	118	DR 7A 3	Canal retangular revestido de concreto b=0,8
T3	67	DR 7A 3	Canal retangular revestido de concreto b=0,8
T4	173	DR 7A 2	Canal retangular revestido de concreto b=0,6
T5	97	DR 7A 3	Canal retangular revestido de concreto b=0,8
T6	90	DR 7A 2	Canal retangular revestido de concreto b=0,6
T7	184	DR 7A 2	Canal retangular revestido de concreto b=0,6
T8	82	DR 7A 3	Canal retangular revestido de concreto b=0,8
T9	126	DR 7A 2	Canal retangular revestido de concreto b=0,6
T10	108	DR 7A 3	Canal retangular revestido de concreto b=0,8
T11	46	DR 7A 3	Canal retangular revestido de concreto b=0,8
B1	93	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B2	102	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B3	66	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B4	70	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B5	109	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B6	139	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B7	69	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B8	65	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B9	14	BSTC 1200mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1200mm PA3
B10	15	BSTC 1200mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1200mm PA3
B11	40	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
B12	45	BSTC 1000mm	Bueiro simples de tubo de concreto 1000mm PA3
J1	244	T1 x=1,5	Canal trapezoidal revestido com manta tipo gabião b=1,00
J2	206	T1 x=1,5	Canal trapezoidal revestido com manta tipo gabião b=1,00
		DR3D-1	Descida de água em manta de gabião espessura 23 cm b=1,0m
		DR3D-2	Descida de água em manta de gabião espessura 23 cm b=2,0m
		DR 1C 1	Canaleta meia cana 400mm

Tabela 6.3.17.5-1 – Elementos de Drenagem com seu Código e Especificação

6.3.18 Plano de Avanço do Terraço

6.3.18.1 Sequencia Básica de Avanço

Um adequado plano de avanço tem consequência direta no desempenho técnico, ambiental e econômico de aterros de resíduos, pois orientam as intervenções para a formação das etapas operacionais e frentes de operação com investimentos compatíveis, evitando o movimento de terra desnecessário.

Para o presente projeto definiu-se uma sequência de implantação e avanço em 4 fases básicas.

As Fases são contíguas e, portanto haverá sobreposição sobre o maciço de resíduos da Fase anterior, formando ao final o maciço único.

Os desenhos 736-18 a 21 do Projeto Básico (**Anexo II**) ilustram o plano de avanço concebido.

A **Tabela 6.3.18.1-1** apresenta as características geométricas principais do avanço do Aterro.

O desenvolvimento deste sistema visa permitir o escoamento das águas pluviais em áreas em que ainda não estiver implantado o sistema de drenagem definitivo, ao longo das etapas de desenvolvimento.

FASE	Cota de base (m)	Cota de encerramento (m)	Área ocupada pela base (m²)	Área ocupada acumulada (m²)	Volume bruto da Fase (m³)	Volume bruto acumulado (m³)
1	573	618	57.086	57.086	928.510	928.510
2	573	618	51.251	108.337	1.214.570	2.143.080
3	573	618	51.621	159.958	1.255.880	3.398.960
4	573	618	45.744	205.702	1.087.250	4.486.210

Tabela 6.3.18.1-1 - Sumário do Plano de Avanço Geométrico do Aterro.

6.3.18.2 Etapas De Operação

O ajuste fino entre a demanda e frente de operação necessária será realizada através das etapas de operação. Para o presente projeto definiu-se que cada Fase será composta por 03 etapas de operação.

A implantação das etapas de operação abrangerá concomitantemente a escavação da base, implantação dos elementos proteção ambiental e drenagem de percolado sobre a área escavada e partir daí a operação da frente implantada.

Os desenhos 736-23 a 26 apresentam as etapas de operação concebidas para a Fase 1 que ocorrerá de forma similar nas Fases seguintes.

A **Tabela 6.3.18.2-1** apresenta as características das etapas operacionais do Aterro previstas para a Fase 1.

FASE	ETAPA	Cota de base (m)	Cota de encerramento (m)	Área ocupada (m²)	Área ocupada acumulada (m²)	Volume bruto da Etapa (m³)	Volume bruto acumulado (m³)
1	1	573	588	16.483	16.483	136.700	136.700
	2	577	603	20.152	36.635	336.587	473.287
	3	875	618	20.451	57.086	455.223	928.510

Tabela 6.3.18.2-1 – Sumário das Etapas de Operação do Aterro da Fase 1.

6.3.19 Vida Útil

A vida útil é calculada com base nas condições e demandas estabelecidas na tabela 6.20-1, anterior e nos volumes geométrico obtidos para cada Fase.

A **Tabela 6.3.19-1** apresenta a vida útil por Fase.

Fase	Volume bruto da Fase (m³)	Volume ocupado pelo solo de cobertura operacional (m³)	Volume útil (m³)	Capacidade útil (t)	Vida útil (ano)	Vida útil acumulada (ano)
1	928.510	121.110	807.400	807.400	8,9	8,9
2	1.214.570	158.422	1.056.148	1.056.148	10,8	19,7
3	1.255.880	163.810	1.092.070	1.092.070	10,3	30,1
4	1.087.250	141.815	945.435	945.435	9,0	39,0
Total	4.486.210	585.158	3.901.052	3.901.052	39,0	-

Tabela 6.3.19-1 – Sumário da Vida Útil do Aterro por Fase de Implantação.

O volume útil disponível no Aterro é de 3.901.052m³, o que equivale a capacidade de disposição de 3.901.052 toneladas de resíduos, resultando em uma vida útil total de 39,0 anos.

Uma observação relevante é que caso não se considere a redução de volume de 40% devido ao TMB, a vida útil do aterro passaria a 23,5 anos, ou seja, no caso específico, a redução de volume obtida através da utilização do TMB resulta em um ganho de 15,5 anos de vida útil.

A **Tabela 6.3.19-2** apresenta a vida útil das etapas de operação previstas para a Fase 1.

Etapa	Volume bruto da Etapa (m³)	Volume ocupado pelo solo de cobertura operacional (m³)	Volume útil (m³)	Capacidade útil (t)	Vida útil (ano)	Vida útil acumulada (ano)
1	136.700	17.830	118.870	118.870	1,3	1,3
2	336.587	43.903	292.684	292.684	3,3	4,6
3	455.223	59.377	395.846	395.846	4,3	8,9
Total	928.510	121.110	807.400	807.400	8,9	

Tabela 6.3.19-2 – Sumário da Vida Útil do Aterro por Fase de Implantação

6.4 FASE DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO – SEQUENCIA EXECUTIVA

6.4.1 Atividades Previstas

A sequência de implantação para execução da Etapa 1 inicial prevista demandará as seguintes atividades:

- Demarcação da área de intervenção e linhas de base;
- Limpeza do terreno;
- Implantação dos acessos à frente da obra;
- Escavação da base do aterro e lagoa de acumulação de percolato;
- Implantação na base da camada de solo compactado;
- Implantação da geomembrana;
- Implantação do solo de proteção da geomembrana;
- Implantação do sistema de coleta e remoção de percolato;

- Impermeabilização da lagoa de acumulação de percolato;
- Implantação dos acessos definitivos;
- Implantação dos elementos de drenagem pluvial;
- Implantação dos poços de monitoramento e realização de amostragem;
- Implantação de cobertura vegetal nas superfícies externas finalizadas, paisagismo e sinalização;
- Início de operação.

As atividades de implantação para as Fases seguintes terão a mesma sequência geral, abrangendo porém apenas as obras requeridas para o avanço dos aterros de resíduos.

6.4.2 Movimentação de Terra

Para a implantação a movimentação de terra, escavação e aterros de solo, será realizada para:

- Conformação da base do aterro e lagoa de acumulação;
- Implantação dos acessos;
- Camadas de solo compactado para impermeabilização e para proteção da geomembrana.

Na operação do aterro serão movimentados solos para suprir as demandas de cobertura operacional das frentes de operação e cobertura final.

A **Tabela 6.4.2-1** mostra os volumes de corte e aterro dos movimentos de terra previstos por Fase de avanço do aterro.

ITEM	CORTE (m3)	ATERRO (m3)	BALANÇO (m3)
FASE 1			
Escavação da base	221.898	-	221.898
Camada de solo compactado	-	34.624	(34.624)
Proteção da geomembrana	-	23.083	(23.083)
Lagoa de percolado	12.935	1.100	11.835
SUB TOTAL 1	234.833	58.806	176.027
Cobertura operacional	-	121.110	(121.110)
SUB TOTAL 2	-	121.110	(121.110)
TOTAL	234.833	179.916	54.917
FASE 2			
Escavação da base	203.032	-	203.032
Camada de solo compactado	-	31.248	(31.248)
Proteção de geomembrana	-	20.832	(20.832)
SUB TOTAL 1	203.032	52.080	150.952
Cobertura operacional	-	158.422	(158.422)
Cobertura final da Fase 1	-	27.467	(27.467)
SUB TOTAL 2	-	185.889	(185.889)
TOTAL	203.032	237.969	(34.937)
FASE 3			
Escavação da base	200.787	-	200.787
Camada de solo compactado	-	31.559	(31.559)
Proteção geomembrana	-	21.039	(21.039)
Lagoa de percolado	12.935	1.100	11.835
SUB TOTAL 1	213.722	53.698	160.024
Cobertura operacional	-	163.810	(163.810)
Cobertura final da Fase 2	-	30.875	(30.875)
SUB TOTAL 2	-	194.685	(194.685)
TOTAL	213.722	248.383	(34.661)
FASE 4			
Escavação da base	204.776	-	204.776
Camada de solo compactado	-	28.435	(28.435)
Proteção geomembrana	-	18.957	(18.957)
SUB TOTAL 1	204.776	47.392	157.385
Cobertura operacional	-	141.815	(141.815)
Cobertura final da Fase 3	-	31.213	(31.213)
SUB TOTAL 2	-	173.029	(173.029)
TOTAL	204.776	220.420	(15.644)
ENCERRAMENTO			
Cobertura final da Fase 4	-	38.190	(38.190)
TOTAL	-	38.190	(38.190)
BALANÇO FINAL	856.363	924.878	(68.515,0)

Tabela 6.4.2-2 – Movimentação de Terra

A **Tabela 6.4.2-2** apresenta um sumário dos itens de movimento de terra detalhados acima.

Fase	Corte (m³)	Aterro (m³)	Bota Espera (m³)	Volume de bota-espera acumulado (m³)
1	234.833	179.916	54.917	54.917
2	203.032	237.969	-34.937	19.980
3	213.722	248.383	-34.661	-14.681
4	204.776	220.420	-15.644	-30.325
Encerramento	0	38.190	-38.190	-68.515

Tabela 6.4.2-3 – Sumário do Movimento de Terra (m³)

Em termos de disponibilidade local de solo, observa-se que as obras e escavações suprirão 93% da necessidade de solo para a implantação e operação do Aterro, havendo necessidade de jazida de empréstimo ao final da operação da Fase 3 em diante.

Um bota espera será iniciado logo após a implantação da Etapa 1 com estoque de cerca de 176.000m³ de material excedente que será consumido nas Fases posteriores. Ao final da operação da Fase 1 haverá estocado cerca de 54.917m³ no bota espera.

Considerando-se a da logística de implantação das fases e demandas operacionais, tem-se que o bota espera será formado na região prevista para a Fase 3.

Na medida em que o material for consumido o bota espera irá se esgotando até sua desativação, durante a operação da Fase 3, quando não haverá mais material estocado.

Desta forma, não se prevê a necessidade de utilização de bota fora externo.

O bota espera será implantado em camadas de 5m, com taludes externo de 2H:1V. As águas pluviais que incidirem no bota fora serão captadas por elementos de drenagem e conduzidas aos elementos de drenagem previstos. Além disso, as superfícies finais serão cobertas com grama em placas ou por hidrossemeadura e/ou mantas de sacrifício.

6.4.3 Controle Tecnológico

O controle tecnológico será realizado por empresa especializada para execução de ensaios de campo e laboratório.

O controle de execução dos aterros do dique, acessos e camada de impermeabilização de base será realizado através de ensaios:

- Massa específica aparente in situ, com frasco de areia (NBR 7185/86) e método expedito de determinação do teor de umidade do solo DER M145 ou similar.
- Ensaio de Compactação NBR 7182/86
- A frequência mínima de realização destes ensaios é de 02 ensaios (umidade e massa específica) para cada camada acabada.

Ensaio de permeabilidade: Para a verificação da permeabilidade da permeabilidade obtida nos aterros compactados de base, deverão ser retiradas duas amostras indeformadas para a obtenção do coeficiente de permeabilidade do solo em laboratório, deve-se utilizar como referência a NBR-14545/2000.

Os critérios de amostragem deverão ser os aplicáveis, definidos nas Normas de referência.

O controle de execução deverá ser realizado também pelo controle geométrico: nivelamento, declividades, cotas, largura e alinhamentos obtidos no levantamento topográfico.

Ao final da implantação de cada Fase deverá ser elaborado um relatório de “as built” da obra contendo:

- A descrição das atividades, apoiada em relatório fotográfico;
- Diário de obra;
- Todos os laudos e medições realizadas no Plano de Controle da Obra, originais e assinadas; e
- Desenhos de “as built” da implantação e situação topográfica final.

6.4.4 Cronograma De Implantação

O cronograma geral de implantação é apresentado a seguir.

ETAPA	DESCRIÇÃO	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	ENCERRAMENTO
		Ano 1 a 9	Ano 10 a 20	Ano 21 a 30	Ano 31 a 40	Ano 41 a 60
FASE 1	IMPLANTAÇÃO ETAPA INICIAL					
	OPERAÇÃO					
FASE 2	IMPLANTAÇÃO ETAPA INICIAL					
	OPERAÇÃO					
FASE 3	IMPLANTAÇÃO ETAPA INICIAL					
	OPERAÇÃO					
FASE 4	IMPLANTAÇÃO ETAPA INICIAL					
	OPERAÇÃO					
ENCERRAMENTO	IMPLANTAÇÃO					
PÓS ENCERRAMENTO	MANUTENÇÃO					

6.5 FASE DE OPERAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

6.5.1 Regime de Operação

O horário de operação ocorrerá das 07:00hs às 19:00hs, seis dias por semana, associado aos serviços da coleta regular e da operação do TMB-Piracicaba.

6.5.2 Mão de Obra

A mão de obra requerida especificamente para a operação, manutenção e gestão do Aterro é relacionada a seguir:

- 01 engenheiro responsável;
- 01 encarregado geral por turno de trabalho;
- 03 auxiliares gerais;
- 03 operadores de máquina por turno de trabalho 01 motorista para caminhão pipa;
- 01 motorista para caminhão basculante por turno de trabalho.

Em complementação a mão de obra acima serão utilizados balanceiro, vigilantes e demais funções administrativas e de manutenção pertencentes ao organograma geral da CTR-Palmeiras.

6.5.3 Relação de Máquinas e Equipamentos

Para a operação serão utilizados equipamentos e máquinas típicos, empregados em operação de aterros de resíduos:

- 01 veículo leve;
- 01 trator esteira;
- 01 retroescavadeira;
- 01 caminhão pipa;
- 01 caminhão basculante.

O serviço de transporte de percolato para tratamento externo é fornecido por terceiros, incluídos o caminhão tanque e motorista

6.5.4 Infraestrutura Básica

- **Geração de Resíduos Sólidos**

Os resíduos sólidos a serem gerados pelo empreendimento serão devidamente tratados na TMB-Piracicaba e encaminhados para a disposição final no aterro sanitário objeto do presente estudo.

- **Consumo de Água**

A quantidade de água a ser utilizada nas fases de implantação e operação do aterro será fornecida através de poço artesiano que encontra-se em fase de regularização junto ao DAEE (ver documentação no Anexo I).

- **Geração de Esgotos**

Os esgotos domésticos gerados pelos funcionários, nas fases de implantação e operação, serão devidamente tratados em fossas sépticas e dispostos em sumidouros conforme preconizado pela Norma Técnica NBR 7229 de set/1993 - Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos.

- **Energia Elétrica**

A energia elétrica necessária para o abastecimento das futuras residências será fornecida pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), conforme pode ser observado no comprovante de fornecimento apresentado no **Anexo I**.

6.5.5 Rotina Operacional

Após o tratamento dos resíduos na TMB-Piracicaba, os rejeitos serão carregados através de pá carregadeira em caminhões basculantes, os quais passarão pela balança para a pesagem e registro da carga e procedência, sendo então orientado para seguir a frente de operação.

O caminhão segue para a frente de operação através de acessos definitivos e operacionais e bascula a carga conforme a orientação do encarregado.

O resíduo descarregado é em seguida conformado e compactado pela ação do trator

esteira, de baixo para cima, em camadas de 30cm. Como referencia, deverão ser realizadas 6 passadas sucessivas para a compactação do lixo com trator esteira tipo D6. A compactação é complementada pela própria circulação de caminhões e outros equipamento sobre o maciço.

A inclinação do talude operacional deverá ser de 1(V):2,5(H) a 1(V):3,5(H), para minimizar o desgaste do trator e se obter melhor eficiência de compactação.

As atividades de rotina ainda compreendem:

- Definição do posicionamento e avanço da frente de operação;
- Movimentação de solo para ao final da operação diária da frente ser coberta com solo com espessura da ordem de 20cm;
- Implantação dos sistemas de drenagem de percolado e gases, a medida do alteamento dos resíduos;
- Acompanhamento da queima do biogás nos flares instalados sobre os drenos verticais;
- Gestão, programação e acompanhamento do volume armazenado na lagoa de acumulação de percolado e a transferência para caminhão tanque;
- Proteção dos taludes de solo e controle de erosões;
- Acerto da drenagem provisória;
- Manutenção das pistas operacionais;
- Aplicação dos procedimentos de gestão e controle operacional.

6.5.6 Transporte e Recepção de Resíduos

Os resíduos chegarão na CTR-Palmeiras através de 17 caminhões coletores com capacidade de 15 m³. Tais veículos realizam em média 47 viagens por dia típico no sentido da CTR-Palmeiras, o que equivale a cerca de 4 veículo por hora em ambos os sentidos.

6.5.7 Gerenciamento e Controle da Operação

A gestão geral da operação do aterro será realizada com base em procedimentos específicos estabelecidos pela equipe operacional, dentro do contexto funcional do CTR-Palmeiras e de acordo com os requisitos das licenças de instalação e operação do aterro.

Serão executados os seguintes procedimentos específicos para o aterro:

- Controle de entrada e vigilância, para garantir a integridade das instalações, colaboradores do CTRP e visitantes.
- Controle de recebimento de resíduos, através de manifestos de carga e procedimentos estabelecidos em conjunto com o TMB-Piracicaba.
- Caracterização dos resíduos dispostos no aterro: gravimetria, densidade aparente e densidade do resíduo disposto.
- Plano de inspeção dos elementos do aterro. Este plano tem o objetivo de orientar o gerenciamento da manutenção preventiva dos diversos elementos que compõem o projeto e detectar e corrigir o mau funcionamento dos elementos, erros operacionais e vazamentos antes que se produza algum dano.
- Plano de gestão do percolado, para o controle de sua qualidade, volume gerado, registro das precipitações ocorridas, transporte para tratamento externo.
- Programas de monitoramento ambiental
- Monitoramento geotécnico
- Plano de contingências, que define as ações que reduzam possíveis efeitos danosos à saúde e ao meio ambiente em caso de acidentes.

Os detalhes dos programas estão detalhados no capítulo 9 deste estudo.

6.5.7.1 Pesagem dos Veículos

Ao chegar na CTR-Palmeiras, o veículo transportador de resíduos será obrigado a parar na portaria para sua devida identificação pela equipe de vigilância e, caso não esteja cadastrado, seu acesso somente será permitido após a devida autorização pelo responsável pela unidade ou elemento por ele indicado.

Liberado pela portaria, o veículo será encaminhado para o posto de pesagem onde será pesado numa balança rodoviária. Esta pesagem na chegada equivalerá à somatória da tara do veículo e equipamento com o peso do resíduo.

Portanto, o peso isolado da carga somente será conhecido após a pesagem do veículo vazio na saída, através da diferença entre os valores das duas pesagens, devendo ser registrado para efeito de controle.

Após a entrada na CTR-Palmeiras os resíduos serão encaminhados para o TMB-Piracicaba para efetuar o tratamento, sendo que após a remoção dos materiais passíveis de tratamento e reaproveitamento, o restante, considerado rejeito, será encaminhado ao aterro sanitário objeto do presente licenciamento.

Os registros assim obtidos serão transferidos, ao final de cada período, para relatórios gerenciais que terão diversas serventias, sendo as principais:

- informar os órgãos de controle ambiental sobre os tipos, tonelagens e origens de resíduos recebidos na unidade, por período;
- efetuar medições das tonelagens de resíduos para efeito da cobrança dos serviços de destinação junto aos respectivos clientes geradores;
- converter as tonelagens de resíduos em m³ dispostos, de modo a cruzá-las com a evolução física do maciço para avaliar-se, pela densidade obtida, o grau de compactação praticado; e
- acompanhar a vida útil do aterro e programar, em tempo hábil, as fases subsequentes, de modo a assegurar a permanente continuidade de recebimento.

6.5.7.2 Monitoramento Ambiental

- **Qualidade de Água Subterrânea**

O monitoramento ambiental deve ser realizado através da rede de poços de monitoramento prevista no projeto, a serem instalados conforme normas técnicas pertinentes.

O monitoramento deverá ser realizado de acordo com as exigências do órgão de controle ambiental, sendo que os detalhes deste programa estão detalhados no capítulo 9 deste estudo.

- **Qualidade da Água das Águas**

O monitoramento ambiental deve ser realizado em amostras simples tomadas a jusante e a montante do empreendimento.

O monitoramento deverá ser realizado de acordo com as exigências do órgão de controle ambiental, sendo que os detalhes deste programa estão detalhados no capítulo 9 deste estudo

- **Qualidade do Percolado Bruto**

O monitoramento será realizado em amostra simples tomada na bacia de acumulação de percolado, que representa um valor médio, uma vez que já se encontra equalizado no tanque, sendo que o objetivo principal é verificar qualidade do percolado bruto enviado para tratamento.

Para permitir a rastreabilidade em relação aos parâmetros previstos na água subterrânea, deverão ser analisados os mesmos parâmetros e frequência em relação a água subterrânea, acrescidos de DBO_5 e DQO, sendo que os detalhes deste programa estão detalhados no capítulo 9 deste estudo

- **Monitoramento Geotécnico**

O registro dos dados operacionais, a conformação geométrica do aterro e os dados obtidos através da instrumentação devem ser analisados por equipe composta por engenheiros

técnicos especialistas na área geotécnica.

Trabalhos de leituras e medições serão feitos em campo através de equipes especializadas. As medições de campo deverão ser realizadas bimensalmente, a saber:

- Posição dos marcos superficiais (X, Y, Z);
- Pressões de gás e nível piezométrico do percolado, nos piezômetros;
- Superfície do aterro (as built da topografia);

Com os dados obtidos, deverá ser avaliada a estabilidade do maciço do aterro no que tange a:

- Pressões internas ao maciço (poropressões);
- Níveis de percolado acima da base,
- Deslocamentos verticais (recalques) e deslocamentos horizontais,
- Precipitação total e vazão/volume de percolado gerado.
- Fator de segurança
- O resultado da análise permitirá que providências sejam tomadas prontamente de acordo com a situação verificada.
- O acompanhamento sistemático resultará na consolidação das hipóteses adotadas na realização das análises de estabilidade e consolidação de níveis de alerta.
- Os resultados do monitoramento deverão ser apresentados em relatório mensal, elaborado utilizando como referência o Roteiro para Elaboração de Relatórios de Avaliação da Estabilidade Geotécnica de Aterros Sanitários, de CETESB 2010.

Os detalhes deste programa estão detalhados no capítulo 9 deste estudo.

6.6 DESATIVAÇÃO E USO FUTURO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

Por se tratar de uma obra de engenharia com o objetivo de disposição segura de resíduos para se certificar a obtenção do desempenho e resultados esperados e que estes sejam mantidos ao longo do tempo, logo após o encerramento do aterro deverão ser aplicadas ações rotineiras que deverão se estender por um determinado período, adotado usualmente, para fins de planejamento, da ordem de 20 anos, até que se tenham evidências suficientes que demonstrem que os resíduos atingiram a estabilidade física e química.

As ações de pós encerramento devem ser definidas com base nos planos de gerenciamento e controle da operação aplicáveis e seus resultados, sendo então os planos já mencionados em geral continuados para a situação de pós encerramento.

A superfície final do aterro terá conformação em bermas e taludes. Esta situação aliada às condições de ocorrência de recalques, pouco suporte de fundação e possibilidade de emissões de percolado e gases, não recomenda a utilização das áreas de disposição de resíduos para instalação de equipamentos de lazer ou outros usos.

Devido a estas características, a diretriz de pós uso prevista é a de reintegrar as áreas o mais próximo possível na paisagem natural da região onde está inserido, através de programa de revegetação e paisagismo, sem prejuízo a manutenção e operação dos elementos de proteção ambiental e demais sistemas do aterro.

No longo prazo, conforme os resultados obtidos, poderá vir a ser avaliado a possibilidade de outros usos para o local.

6.7 ESTIMATIVA DE CUSTOS

A tabela a seguir apresenta os custos globais estimados para implantação do aterro sanitário, considerando o final de plano que totalizará o valor de R\$ 24.954.790,53

IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS PALMEIRAS				
Local	PIRACICABA / SP			
CÓD.	DESCRIÇÃO	C. TOTAL	%	COM BDI
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 177.000,00	0,92	R\$ 230.100,00
2	TERRAPLENAGEM	R\$ 4.281.815,00	22,31	R\$ 5.566.359,50
3	PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES PARA IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 295.140,50	1,54	R\$ 383.682,65
4	IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE E TALUDES	R\$ 6.499.232,04	33,86	R\$ 8.449.001,65
5	SISTEMA DE COLETA DE LÍQUIDOS PERCOLADOS	R\$ 3.051.022,54	15,89	R\$ 3.966.329,30
6	LAGOAS DE ARMAZENAMENTO E TRANSFERENCIA DE PERCOLADO	R\$ 118.795,32	0,62	R\$ 154.433,92
7	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL	R\$ 265.100,00	1,38	R\$ 344.630,00
8	COBERTURA FINAL	R\$ 1.000.669,17	5,21	R\$ 1.300.869,92
9	COBERTURA OPERACIONAL	R\$ -	-	R\$ -
10	DRENAGEM PLUVIAL	R\$ 2.200.363,15	11,46	R\$ 2.860.472,10
11	ACESSOS E ACABAMENTOS	R\$ 1.306.855,00	6,81	R\$ 1.698.911,50
		R\$ 19.195.992,71	100,00	24.954.790,53