



Prefeitura Municipal de Vacaria-RS

PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
CÉLULA V – LICENÇA PRÉVIA DE AMPLIAÇÃO
VACARIA – RS



AGOSTO/2017

Sumário

1	Introdução	5
1.1	Objetivo	5
1.2	Situação Atual	5
2	Localização	7
3	Justificativa e Concepção	10
3.1	Justificativa	10
3.2	Concepção	11
4	Memorial Descritivo	12
4.1	Entidade Responsável pelo Aterro de Resíduos Sólidos	12
4.2	Entidade Responsável pelo Projeto	12
4.2.1	Equipe técnica na elaboração do Projeto	12
4.3	Descrição do Sistema de Limpeza Urbana	12
4.3.1	Origem e Caracterização Qualitativa e Quantitativa.....	12
4.3.2	Resíduos recebidos no aterro sanitário.....	13
4.3.3	Resíduos pós-triagem.....	14
4.3.4	Resíduos destinados nas Células de aterramento	14
4.4	Solos e Geotecnia	15
4.4.1	Mapeamento de superfície e sondagem de simples reconhecimento.....	15
4.4.2	Laudos de sondagens contendo: perfil da seção geológica, caracterização dos horizontes do solo, dinâmica e profundidade do lençol freático (NA), acompanhado de relatório fotográfico da perfilagem;	17
4.4.3	Nível d'água	17
4.4.4	Mapa equipotenciométrico: dinâmica e fluxo do NA	18
4.4.5	Laudos de ensaio de permeabilidade	18
4.4.6	Laudo de determinação do excedente hídrico	19
4.4.7	Mapa cartográfico identificando os pontos de sondagem com coordenadas geográficas	20
4.4.8	Caracterização da estabilidade do terreno, taludes, declividade, áreas propensas à erosão.....	20
4.4.9	Declividade	25
4.5	Nascentes e Cursos D'água.....	25
4.5.1	Dentro da área do empreendimento	25
4.5.2	Fora dos limites do empreendimento, em uma distância de 200 metros.	25
4.6	Unidades de Conservação	27
4.6.1	Unidades de Conservação Estadual	27

4.6.2	Unidades de Conservação Municipais	27
4.6.3	Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual	27
4.6.4	Reserva Particular do Patrimônio Natural Federal	27
4.7	Cobertura Vegetal	27
4.8	Descrição e Especificação dos Elementos de Projeto	28
4.8.1	Célula do Aterramento de Resíduos Sólidos.....	29
	Célula I.....	29
	Célula V	29
4.8.2	Impermeabilização Inferior.....	29
4.8.3	Impermeabilização Superior	30
4.8.4	Sistema de Drenagem do Chorume.....	31
4.8.5	Sistema de Tratamento do Chorume	32
4.8.6	Sistema de Drenagem de Águas Pluviais.....	36
4.8.7	Sistema de Drenagem dos Gases	36
4.9	Operação do Aterro de Resíduos Sólidos	38
4.9.1	Equipamentos utilizados na operação do aterro sanitário:.....	38
4.9.2	Operação do aterro:	39
4.10	Unidade de Triagem e Classificação dos Resíduos	39
4.11	Galpão de estocagem de pneus (7.5 LO 2239/2015-DL).....	40
4.12	Estruturas Complementares	41
4.12.1	Acessos.....	41
4.12.2	Cortina Vegetal	41
4.12.3	Isolamento da Área	41
4.13	Controle Tecnológico.....	42
4.13.1	Pontos de Amostragem	42
4.13.2	Parâmetros a analisar	44
5	Memorial Técnico	48
5.1	Cálculo da Vida Útil da Ampliação do Aterro.....	48
5.2	Balanço Hídrico	49
5.3	Sistema de Tratamento do Chorume	50
5.3.1	Vazão de Projeto	50
5.3.2	Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente	50
5.3.3	Lagoas Facultativas.....	51
5.3.4	Lagoa de Polimento	52
5.3.5	Eficiência do Sistema de Tratamento.....	52
6	Quantitativos e custos	53
6.1	Pessoal.....	53
	Total 3.1	53
6.2	Equipamentos.....	53
	Total 3.2 - total com equipamentos.....	53

6.3	Materiais.....	54
Total 3. Total com materiais e serviços		54
6.4	Valor da implantação	54
7	Custo total do contrato com impostos sobre os serviços	54
7.1	Custo total anual sem BDI	54
7.2	Custo total com BDI	55
7.3	Encargos sociais	56
8	Cronograma de execução	58
9	Cronograma físico financeiro.....	58
10	Plano de monitoramento e uso futuro da área.....	58
10.1.1	Plano de monitoramento	58
10.1.2	Uso futuro da área	59
Anexo – Desenhos.....		60

PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

CÉLULA V - LICENÇA PRÉVIA DE AMPLIAÇÃO

VACARIA – RS

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO

O presente documento apresenta o Projeto de ampliação do aterro sanitário de Vacaria, através da instalação de mais uma Célula de aterramento (Célula V).

Para tanto, serão apresentados todos memoriais descritivos, memoriais técnicos, desenhos, quantitativos e custos, de acordo com a NBR 8419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, da associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e as diretrizes apresentadas para licenciamento de atividades de tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos – RSU, solicitação de licença prévia de ampliação, elaborado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM.

1.2 SITUAÇÃO ATUAL

A seguir são apresentados dados sobre a situação atual do empreendimento:

- O empreendimento trata-se da atividade de destinação final de resíduos sólidos urbanos através de central de triagem e aterro sanitário, com uma capacidade de 30 toneladas por dia;
- O aterro está em operação e existe Licença de Operação da Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, LO N.º 2239/2015-DL (Anexo I), que está em fase de renovação através do Processo Administrativo N.º 000806-05.67/16-9;
- Existe no local, uma área onde foram instaladas e operadas três Células de aterramento, hoje denominada de aterro antigo;

- Há ainda quatro Células de aterramento (Células I, II, III e IV), denominadas de aterro novo;
- Atualmente, as Células I, II e III estão encerradas e a Célula IV encontra-se em operação, conjuntamente com a Etapa 4, que é nada mais do que a operação sobre as Células I, II, III e IV.
- Existem dois sistemas de tratamento de líquidos percolados instalados no local. Sistema de Tratamento 1, na área antiga (aterro encerrado), e Sistema de Tratamento 2, na área nova (aterro novo). Os dois sistemas de tratamento serão descritos posteriormente;
- Existem 9 piezômetros instalados: 2 na área antiga e 7 na área nova;
- Existe uma central de triagem e classificação de resíduos sólidos urbanos instalada e operando no local;
- Também existe uma unidade de armazenamento temporário de pneus inservíveis instalado no local;
- A área está totalmente cercada;
- O Aterro Sanitário é operado por um trator de esteira, uma retroescavadeira e um caminhão caçamba.

O Desenho 1, no Anexo VII, apresenta a situação atual do Aterro Sanitário do Município de Vacaria. A seguir são apresentadas fotos da área.



Fotos 1.1 e 1.2 – Fotos atualizadas do aterro “antigo” e do aterro “novo”.



Fotos 1.3 e 1.4 – Fotos atualizadas do sistema de tratamento “antigo” e do sistema de tratamento novo”.



Fotos 1.5 e 1.6 – Fotos atualizadas da usina de reciclagem e do local da unidade de armazenamento de pneus.

2 LOCALIZAÇÃO

O Aterro Sanitário de Vacaria está localizado na Fazenda das Pedras Brancas, zona rural do município de Vacaria e recebe diariamente 30.000 kg de resíduos sólidos de origem doméstica, provenientes da coleta regular, gerados por uma população estimada para o ano de 2016 de 65.135 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

A área total do empreendimento é de 8,6 hectares.

As coordenadas geográficas do local são as seguintes:

Latitude = - 28,527289°S; Longitude = - 50,977284°O

A Figura 3.1, a seguir, apresenta a situação do Aterro Sanitário em relação ao centro urbano de Vacaria.



Figura 3.1 – Aterro Sanitário em relação ao centro urbano – Fonte: Google Earth.

A Figura 3.2, a seguir, apresenta a localização do Aterro Sanitário de Vacaria.



Figura 3.2 – Localização do aterro Sanitário – Fonte: Google Earth.

A Figura 3.3, a seguir, apresenta o local de ampliação do Aterro Sanitário de Vacaria.



Figura 3.3 – Local de ampliação do Aterro Sanitário – Fonte: Google Earth.

3 JUSTIFICATIVA E CONCEPÇÃO

3.1 JUSTIFICATIVA

A continuidade de operação de destinação final dos resíduos gerados em Vacaria, através do projeto e construção da Célula V, justifica-se pelos seguintes motivos:

- O Aterro Sanitário conta com uma vida útil de cerca de 2,8 anos;
- A continuidade na mesma área evita o impacto imediato em outro local;
- No local já existe implantada uma unidade de triagem e classificação de resíduos sólidos urbanos. Se o aterro for transferido de local, haverá custos adicionais para transporte dos rejeitos provenientes das operações de triagem e classificação;
- Custos de transporte e destinação em uma Central Licenciada: A Central Regional de Resíduos mais próxima é a pertencente à Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos – CRVR, instalada no município de São Leopoldo, na Região Metropolitana de Porto Alegre, cerca de 208 km por rodovia.
 - Atualmente a Prefeitura Municipal de Vacaria possui Contrato com a empresa SERRANA ENGENHARIA LTDA, para operar e ampliar seu aterro sanitário, a um custo de R\$ 83,00 por tonelada.
 - Para destinar seus resíduos na Central da CRVR no município de São Leopoldo, Vacaria gastaria entre transbordo, transporte e destinação final o valor unitário de R\$ 192,00 por tonelada.
 - Considerando que a Célula V terá capacidade de abrigar 15.216 toneladas de resíduo compactado, a economia para a administração municipal será de $(R\$192,00/t \times 15.216) - (R\$ 83,00/t \times 15.216) = R\$ 1.262.928$ ao longo de 2,8 anos que é a vida útil projetada.

3.2 CONCEPÇÃO

O projeto foi concebido dentro das normas técnicas – NBR 8419 da ABNT, exigíveis para implantação de Aterros Sanitários. Os elementos básicos que compõem este projeto de continuidade são os seguintes:

- Construção da Célula V;
- Já existe um sistema de tratamento operando normalmente;
- Impermeabilização da base e laterais da Célula com argila compactada e manta PEAD;
- Desvio das águas pluviais de montante;
- Drenagem dos líquidos percolados, e condução ao sistema de tratamento;
- Drenagem dos gases produzidos no interior do aterro;
- Distanciamento da base do aterro em relação ao nível do lençol freático superior a 2,0 metros.

4 MEMORIAL DESCRITIVO

4.1 ENTIDADE RESPONSÁVEL PELO ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Prefeitura Municipal de VACARIA - RS

Endereço: Av. Ramiro Barcelos, n.º 915

CEP: 95.200-000

CGC/MF: 87.866.745/0001-16

Fone/Fax: (054)32.32.55.66

4.2 ENTIDADE RESPONSÁVEL PELO PROJETO

GSA Engenharia Ltda.

Endereço: Av. Dr. Nilo Peçanha, 730 - Cj. 503

CEP: 90.470-000

CGC/MF: 01.569.600/0001-38

Fone e FAX: (051) 33.33.69.73

E-mail: gsa@gsaengenharia.com

4.2.1 Equipe técnica na elaboração do Projeto

Eng. Quím. Cesar Peña Olinto - CREA-RS 78.500-D

Eng. Civil Marcelo P. Figueiredo - CREA-RS 128.955-D

4.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE LIMPEZA URBANA

4.3.1 Origem e Caracterização Qualitativa e Quantitativa

Os resíduos destinados no Aterro de Resíduos Sólidos de Vacaria têm origem nas residências dos munícipes, nos estabelecimentos comerciais e de serviços da cidade, recolhidos pelo sistema de coleta regular. Também são destinados os resíduos complementares de limpeza urbana (varrição, capina, poda, etc...). O município possui coleta seletiva e grande parte dos materiais recicláveis já chega separado na usina de triagem e classificação, indo para o aterro apenas o rejeito da triagem.

A caracterização qualitativa dos resíduos sólidos urbanos RSU gerados no município de Vacaria acompanham a média dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, tendo como resultado valores apresentados no Quadro 5.1, a seguir:

Quadro 4.1 - Composição qualitativa dos resíduos sólidos (Fonte PLAMSAB Canoas/2012 – GSA Engenharia Ltda.)

Componente	% em Peso
Papel	7,17
Papelão	5,81
Plástico Mole / Plástico Duro	10,14
PET	2,43
Metais	2,45
Vidro	1,84
Embalagens tetrapack	1,68
Matéria Orgânica	51,54
Outros	16,95
Total	100,0

4.3.2 Resíduos recebidos no aterro sanitário

O aterro sanitário de Vacaria não dispõe de balança para a pesagem dos resíduos que ingressam no empreendimento. A medida adotada para aferição das quantidades de resíduos que ingressam no aterro sanitário é a média diária de pesagens realizadas em todas as cargas dos veículos coletores durante o período de um mês. A pesagem foi realizada no mês de junho de 2016, nos veículos que coletam os resíduos sólidos orgânicos e seletivos e os resultados desta pesagem foram os seguintes:

- Pesagem do resíduo orgânico: 798.840 kg no mês de junho de 2016;
- Pesagem do resíduo seletivo: 64.460 kg no mês de junho de 2016;
- Total: 863.300 kg no mês de junho de 2016.

Considerando que o mês de junho de 2016 teve 30 dias teremos a seguinte média de geração de resíduos:

- Média diária de resíduo orgânico = $(798.840 \text{ kg} \div 30 \text{ dias}) = 26,6 \text{ t/dia}$;
- Média diária de resíduo seletivo = $(64.460 \text{ kg} \div 30 \text{ dias}) = 2,15 \text{ t/dia}$;
- Média diária de resíduo (orgânico + seletivo) = $(863.300 \text{ kg} \div 30 \text{ dias}) = 28.777 \text{ kg/dia} = 28,8 \text{ toneladas por dia}$.

Portanto, ingressam na área do aterro sanitário de Vacaria uma média diária de **28,8 toneladas** de resíduos sólidos urbanos.

4.3.3 Resíduos pós-triagem

Como já informado anteriormente, o aterro sanitário de Vacaria não dispõe de balança rodoviária. Os resíduos que ingressam na Unidade de Triagem e Classificação têm origem nas residências dos munícipes e são recolhidos pela coleta seletiva. Os valores aqui apresentados são estimados em função da pesagem realizada no mês de junho de 2016.

- Coleta Seletiva: 2,15 toneladas por dia
- Quantidade diária que ingressa na usina = 2,15 toneladas/dia
- Rejeito pós-triagem = 25 %
- Rejeito que vai para o aterro = $0,25 \times 2,13 = \mathbf{0,537 \text{ toneladas/dia}}$

4.3.4 Resíduos destinados nas Células de aterramento

Com os dados apresentados anteriormente, podemos determinar as quantidades de resíduos que são efetivamente aterradas:

- Média diária de resíduo orgânico (coleta regular) = 26,6 t/dia;
- Rejeito que vai para o aterro (pós-triagem) = 0,537 t/dia

Assim, são aterrados cerca de **27,14 t/dia** de RSU.

Devido a sazonalidade de geração de resíduos e a própria capacidade da Licença de Operação, tomaremos como média, o **aterramento de 30 toneladas por dia de RSU**.

4.4 SOLOS E GEOTECNIA

As informações aqui utilizadas são aquelas elaboradas no licenciamento do “Aterro novo” no ano de 2016.

Neste licenciamento foram executados 6 furos de sondagens, com a utilização de retro escavadeira, até uma profundidade de 4,20 metros.

A empresa que realizou as sondagens foi a RW – Geologia e Geotecnia Ltda.

Para a caracterização geotécnica da área em estudo serão abordados os seguintes tópicos:

- Mapeamento de superfície e sondagem de simples reconhecimento com utilização de retroescavadeira;
- Laudos de sondagens contendo: perfil da seção geológica, caracterização dos horizontes do solo, dinâmica e profundidade do lençol freático (NA);
- Mapa equipotenciométrico: dinâmica e fluxo do NA;
- Laudos de ensaio de permeabilidade, determinando o coeficiente de permeabilidade;
- Laudo de determinação do excedente hídrico;
- Mapa cartográfico identificando os pontos de sondagem com coordenadas geográficas;
- Caracterização da estabilidade do terreno, taludes, declividade, áreas propensas à erosão, travessia de várzeas com solos orgânicos;

4.4.1 Mapeamento de superfície e sondagem de simples reconhecimento

A fim de mapear geotecnicamente a área de ampliação, foram realizadas no ano de 2006, quando da elaboração do projeto na “área nova”, 5 sondagens com a utilização

de retroescavadeira. Os respectivos perfis de sondagem apresentados no anexo III. A localização das sondagens é apresentada na Figura 4.1 e no Desenho 8.



Fotos 4.1 e 4.2 – Sondagens realizadas em 2006, com a utilização de retro escavadeira.

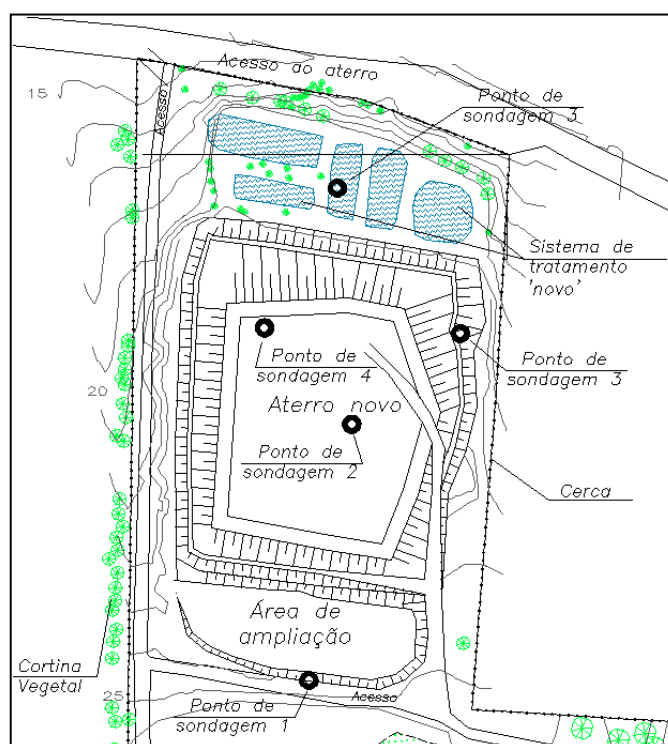


Figura 4.1 – Localização das 05 sondagens realizadas na área de ampliação.

No Quadro 5.1 é apresentado, de forma resumida, informações referentes às sondagens, localização das mesmas, profundidades alcançadas e substrato encontrado.

Quadro 4.2 – Resumo das sondagens

Sondagem	Coordenadas	Profundidade (m)	Nível de água	Substrato encontrado
01	Lat = -28.526764°	4,20	Furo seco	Aterro / Argila vermelha com alteração, consistência média / Argila siltosa marrom / Argila siltosa vermelha com alteração, consistência média (terreno natural).
	Long = 50.974115°			
02	Lat = -28.527267°	4,20	Furo seco	Camada vegetal / Argila marrom consistência média / Argila siltosa marrom com fragmentos de rocha/ Aterro / Argila siltosa marrom com fragmentos de rocha, consistência rija.
	Long = -50.973736°			
03	Lat = -28.527889°	4,50	4,10	Camada vegetal / Argila amarela com pedras e pedregulhos, consistência rija / Aterro
	Long = -50.973774°			
04	Lat = -28.527475°	4,20	Furo seco	Camada vegetal / Argila marrom com fragmentos de rocha, consistência rija / Aterro / Argila amarela com alterações, presença de pedras e pedregulhos, consistência rija.
	Long = -50.973171°			
05	Lat = -28.527959°	4,20	Furo seco	Argila marrom com pedras e pedregulhos, consistência rija / Aterro / Argila amarela com pedras e pedregulhos, consistência rija / Aterro / Argila amarela com pedras e pedregulhos, consistência rija.
	Long = -50.973124°			

4.4.2 Laudos de sondagens contendo: perfil da seção geológica, caracterização dos horizontes do solo, dinâmica e profundidade do lençol freático (NA), acompanhado de relatório fotográfico da perfilagem;

Os perfis das 5 sondagens são apresentados no anexo IV.

4.4.3 Nível d'água

Nas 5 sondagens realizadas na área de ampliação do aterro sanitário de Vacaria o nível d'água só foi encontrado no furo 3, a uma profundidade de 4,10 metros.

4.4.4 Mapa equipotenciométrico: dinâmica e fluxo do NA

O mapa equipotenciométrico é apresentado no anexo VI.

4.4.5 Laudos de ensaio de permeabilidade

Quando a Célula IV foi instalada, realizou-se 2 ensaios de permeabilidade no solo local compactado na base do aterro, pela Universidade do Sul de Santa Catarina – LEC Laboratório de Engenharia Civil.

O ensaio foi realizado do dia 20/11/2014, os laudos são apresentados no anexo III, e os resultados no quadro a seguir:

Quadro 4.3 – Resultados dos ensaios de permeabilidade (laboratório)

Amostra	Coeficiente de Permeabilidade (K em cm/s)
Ponto 1	$2,72 \times 10^{-7}$
Ponto 2	$3,35 \times 10^{-7}$

As fotos a seguir apresentam a coleta de amostras nos dois pontos.



Fotos 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 – Coleta de amostra no ponto 1



Fotos 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10 – Coleta de amostra no ponto 2

4.4.6 Laudo de determinação do excedente hídrico

4.4.6.1 Precipitação e evaporação (normal climatológica)

No Quadro 5.4, a seguir, são apresentados os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - Normais climatológicas do Brasil 1961-1990: Precipitação acumulada mensal (mm) e Evaporação Total (mm). Lagoa Vermelha.

Quadro 4.4 - Precipitação acumulada mensal, Evaporação e Excedente hídrico. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - Normais Climatológica. Estação Lagoa Vermelha

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Precipitação (mm)	167,3	145,0	144,6	90,9	107,1	120,4	122,1	194,3	191,4	158,0	112,1	137,9	1691,1
Evaporação (mm)	100,5	85,8	83,3	71,7	63,0	54,5	62,8	69,6	76,3	91,7	99,2	112,6	971,0
Excedente (mm)	66,8	59,2	61,3	19,2	44,1	65,9	59,3	124,7	115,1	66,3	12,9	25,3	720,1

4.4.6.2 Excedente hídrico

Conforme o Quadro 5.4, o excedente hídrico anual é de 720,1 mm/ano.

4.4.7 Mapa cartográfico identificando os pontos de sondagem com coordenadas geográficas

No Desenho 08, em anexo VII, é apresentado mapa em escala 1:1000 com a localização das sondagens. As coordenadas geográficas foram apresentadas no Quadro 4.2.

4.4.8 Caracterização da estabilidade do terreno, taludes, declividade, áreas propensas à erosão.

4.4.8.1 Avaliação das propriedades geotécnicas e de estabilidade dos patamares ou níveis propostos

A Célula V formará um maciço único com o restante do aterro já executado. A inclinação adotada para os taludes externos e internos das células é de 1:2 (V: H), conforme detalhe a seguir. Os taludes do maciço de resíduos respeitam a mesma inclinação.

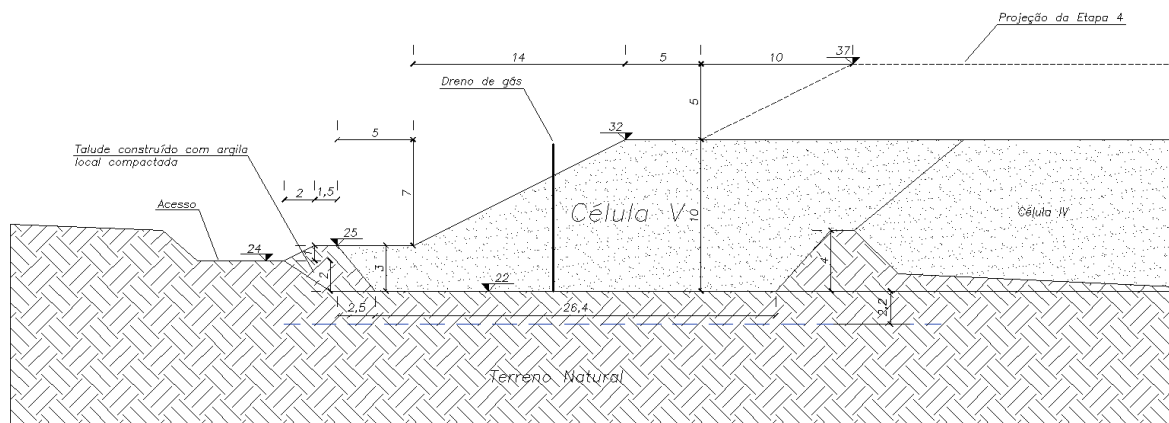


Figura 4.2 – Inclinação dos taludes respeitam a proporção 2:1 (horizontal:vertical)

4.4.8.2 Propriedades geotécnicas e de estabilidade dos taludes

A estabilidade dos taludes de resíduos foi calculada utilizando o Método do Fator de Segurança (Factor of Safety Method). Neste trabalho será aplicada a formulação apresentada por Morgenstern & Price (1965) a partir do software SLOPE/W®.

Além do maciço de resíduos foi considerado, na simulação, uma camada de 50 cm de argila compactada, taludes de argila compactada e o terreno natural.

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento para o terreno natural foram definidos a partir de relações apresentadas por SCHNAID (2000). Os demais parâmetros foram obtidos dos trabalhos de Pasqualini (2002) e Azambuja (2006). Os parâmetros são apresentados a seguir.

Quadro 4.5 – Propriedades dos materiais utilizados na simulação.

Propriedades	Peso específico (kN/m³)	Ângulo de atrito (°)	Coesão (kN/m²)
Maciço de resíduos compactado	13	22	13
Argila compactada	18	25	2
Terreno natural	17	25	2

O critério de ruptura adotado foi o de Mohr-Coulomb, cuja resistência ao cisalhamento sofre um aumento com o acréscimo das tensões normais ao plano de ruptura. Este critério, em sua forma mais simples pode ser expresso como:

$$\tau = c + \sigma_n \operatorname{tg} \phi$$

Onde:

τ : resistência ao cisalhamento no plano de ruptura

c : resistência coesiva

ϕ : ângulo de atrito

σ_n : tensão normal ao plano de ruptura.

O critério de ruptura de Mohr-Coulomb é apresentado graficamente na Figura a seguir.

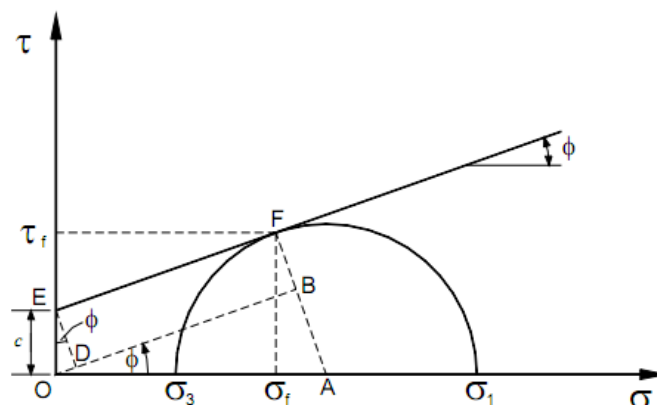


Figura 4.3 – Critério de ruptura de Mohr-Coulomb

O Fator de segurança é calculado pela razão entre o somatório das forças resistivas e forças mobilizantes, calculadas a partir de equações de equilíbrio.

$$FS = \frac{\sum F_{res}}{\sum F_{mob}}$$

4.4.8.3 Hipóteses analisadas

- Foram feitas análises considerando cota de acabamento em 32m (fechamento da Célula V) e 37m (fechamento da Etapa 4).
- Foram realizadas análises considerando etapas anteriores do aterro, com uma menor altura de resíduos e os fatores de segurança encontrados não superaram os apresentados neste item;
- As Figuras 4.4 a 4.8 apresentam: a seção crítica estudada, cortes da seção (considerando as cotas de 32 e 37m) e os resultados das simulações numéricas.

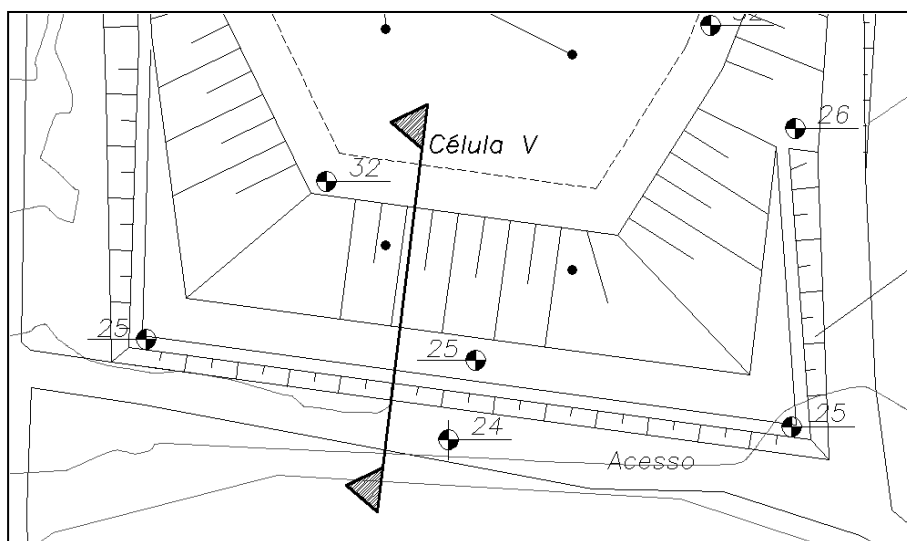


Figura 4.4 – Seção crítica avaliada – cotas máximas: 32m (Célula V) e 37m (Etapa 4).

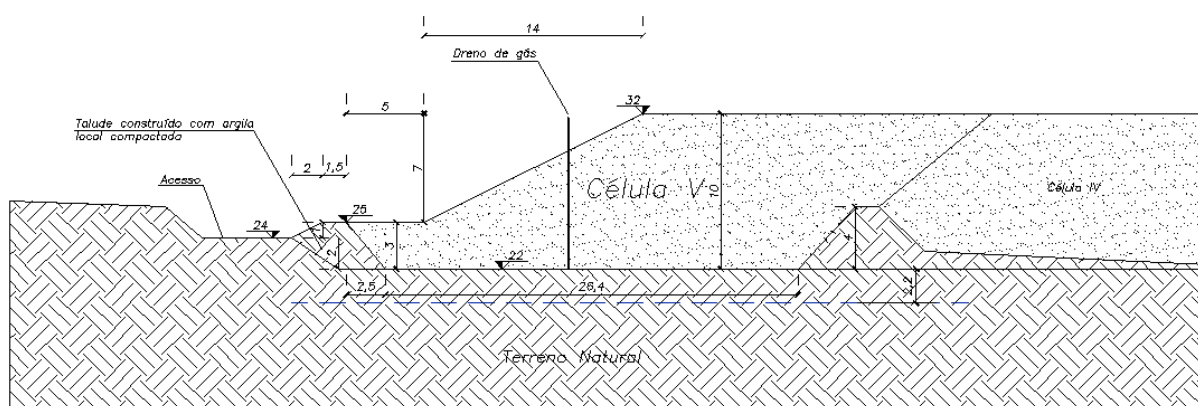


Figura 4.5 – Corte Seção crítica avaliada (Célula V) cota máxima: 32m

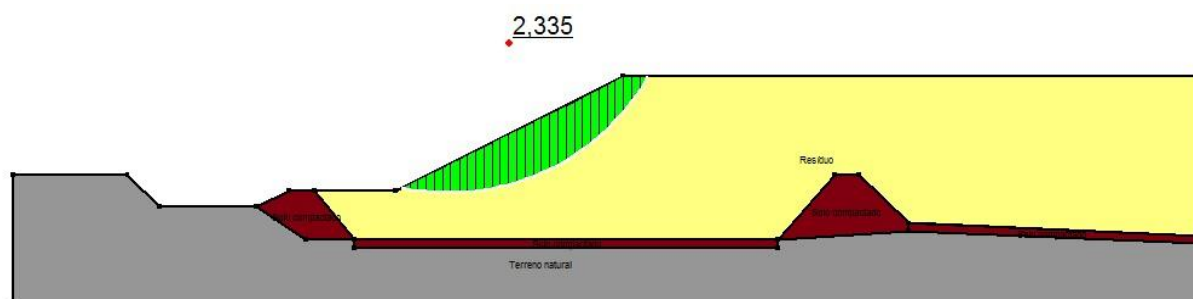


Figura 4.6 – Resultado da simulação numérica (cota máxima = 32m). Superfície de ruptura crítica apresentou Fator de Segurança FS = 2,335.

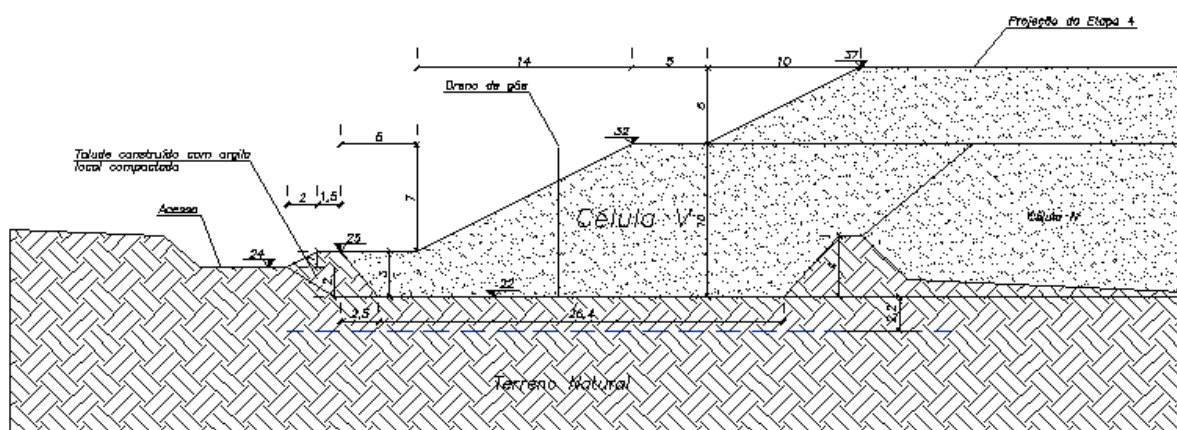


Figura 4.7 – Corte Seção crítica avaliada (Etapa 04) cota máxima: 37m

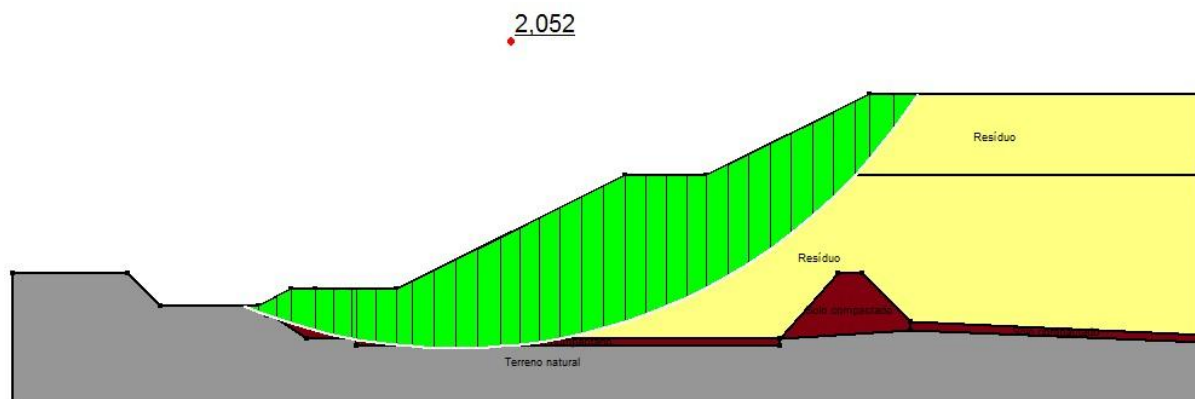


Figura 4.8 – Resultado da simulação numérica (cota máxima = 37m). Superfície de ruptura crítica apresentou Fator de Segurança FS = 2,052.

4.4.8.4 Conclusões

Desta forma, a concepção da célula é segura desde que sejam observados os seguintes aspectos:

- As cotas definidas no projeto não sejam ultrapassadas sem estudos adicionais;
- As inclinações dos taludes sejam obedecidas, não sendo superiores a proporção 2:1 (horizontal:vertical).

4.4.9 Declividade

A declividade geral (sentido norte – sul) do terreno natural, antes da implantação das células de aterramento era de 4 %, com cotas que variam de 16 até 25 metros.

4.5 NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA

Este item do projeto tem por objetivo identificar possíveis nascentes ou cursos d'água localizados na área de influência direta do empreendimento.

4.5.1 Dentro da área do empreendimento

Dentro da área do empreendimento existe um açude (açude 1) localizado a uma distância de 74 metros do local onde será implantada a Célula V. Este recurso hídrico está identificado na figura 5.3 a seguir.

4.5.2 Fora dos limites do empreendimento, em uma distância de 200 metros.

Fora da área do empreendimento existe um açude (açude 2) localizado a uma distância de 90 metros do local onde será implantada a Célula V. Este recurso hídrico está identificado na figura 5.3 a seguir.

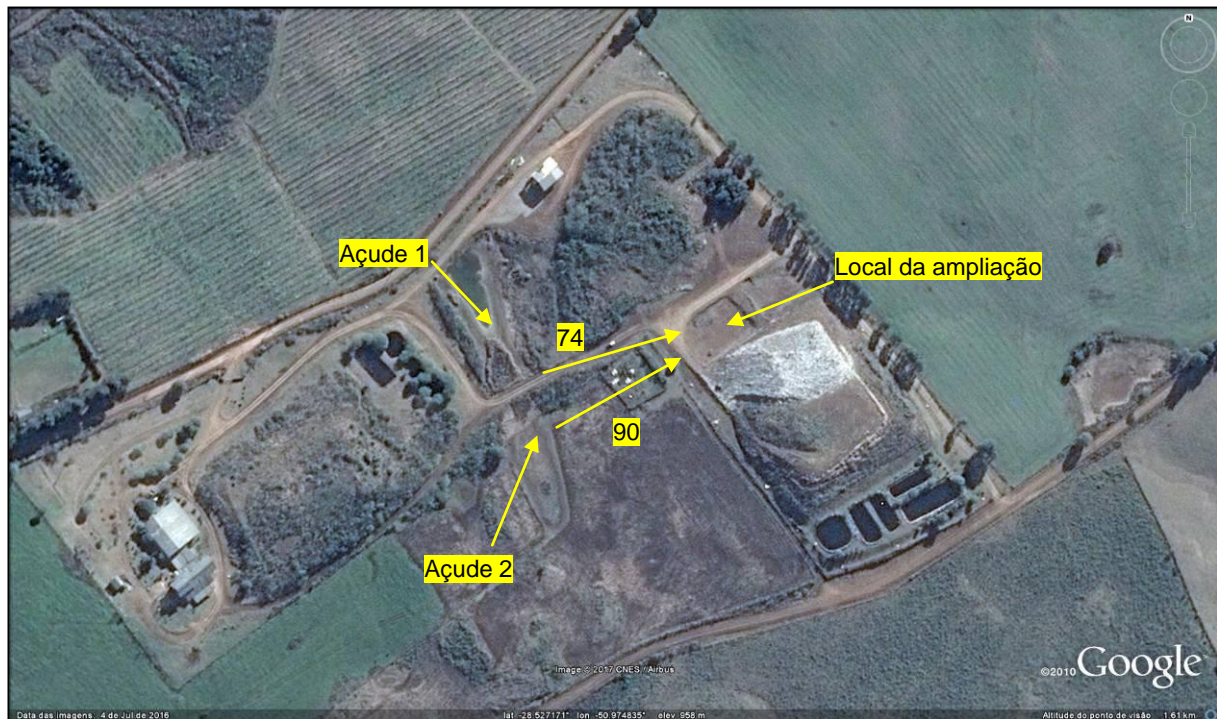


Figura 4.9 – Localização e distância dos açudes.



Fotos 4.11 e 4.12 – Açudes 1 e 2

4.6 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Este item do projeto tem por objetivo informar a localização do empreendimento em relação às Unidades de Conservação (UC), que se encontram definidas na Lei Federal n.º 9.985/2000, que institui o sistema nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

Serão avaliadas, em um raio de 10 km do empreendimento, as Unidades de Conservação Estadual, as Unidades de Conservação Municipais, as Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual e as Reserva Particular do Patrimônio Natural Federal.

4.6.1 Unidades de Conservação Estadual

Não existem Unidades de Conservação Estadual em um raio de 10 km do empreendimento.

4.6.2 Unidades de Conservação Municipais

Não existem Unidades de Conservação Municipais em um raio de 10 km do empreendimento.

4.6.3 Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual

Não existem Reservas Particulares do Patrimônio Natural Estadual em um raio de 10 km do empreendimento.

4.6.4 Reserva Particular do Patrimônio Natural Federal

Não existem Reservas Particulares do Patrimônio Natural Federal em um raio de 10 km do empreendimento.

4.7 COBERTURA VEGETAL

No ano de 2006, quando do licenciamento ambiental do “aterro novo”, foi elaborado o Laudo de Cobertura Vegetal pelo Eng.º Agrônomo Celso Luís Zanin.

Resumidamente o Laudo apontou que a vegetação do local onde será ampliado o aterro sanitário de Vacaria caracteriza-se pela presença predominante de plantas invasoras de porte herbáceo, como a Maria-mole (*Senecio brasiliensis*), vassoura (*Baccharis* sp) e a Grama-forquilha (*Paspalum notatum*). Esse fato pode ser explicado como sendo o início da regeneração natural da vegetação, sendo as espécies invasoras características da agropecuária as primeiras a surgirem quando a área encontra-se em estado de inatividade. Além disso, observou-se a presença de samambaias, fator que novamente confirma a regeneração natural da vegetação.

Atualmente, na área onde será implantada a Célula V, não existe cobertura vegetal, devido às atividades do aterro sanitário, tais como, construção das Células I, II, III e IV, construção de acessos, etc...



Fotos 4.13 e 4.14 – No local da ampliação do aterro sanitário de Vacaria, onde será instalada a Célula V, não existe cobertura vegetal.

O laudo da cobertura vegetal é apresentado no anexo IV deste documento.

4.8 DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE PROJETO

Os elementos aqui descritos e especificados têm seu dimensionamento apresentado no item 6 - Memorial Técnico.

4.8.1 Célula do Aterramento de Resíduos Sólidos

A ampliação do Aterro Sanitário do Município de Vacaria se dará através da implantação da Célula V de aterramento.

O quadro a seguir apresenta um resumo das células de disposição dos resíduos, considerando uma produção em 2016 de 30 t/dia, ou 33,3 m³/dia, considerando uma densidade de 0,9 t/m³ do resíduo compactado.

Quadro 4.6 - Resumo das Células do Aterro Sanitário

Célula	Situação	Dimensões médias (comprimento X largura X altura) (m x m x m)	Volume remanescente (m ³)	Vida Útil remanescente (dias)
Célula I	Encerrada	94 x 20 x 5	0	0
Célula II	Encerrada	91 x 20 x 10	0	0
Célula III	Encerrada	91 x 26 x 10	0	0
Célula IV + Etapa 4	Em operação conjuntamente	89 x 21 x 9	22.941	688
Célula V	A ser implantada	69 x 26 x 10	16.907	507

Considerando a implantação da Célula V e 15 % de material de cobertura, o Aterro Sanitário do Município de Vacaria ainda dispõe de uma vida útil de 1.015 dias (1.195 x 0,85) ou 2,8 anos.

4.8.2 Impermeabilização Inferior

Com o objetivo de evitar que os líquidos gerados no interior do aterro, durante a operação e após o seu encerramento, contaminem as águas sub-superficiais, está prevista uma impermeabilização no fundo das células com o próprio solo argiloso local.

A construção desta camada impermeabilizante deve ser feita com o solo local (argiloso) sendo compactado com rolo estático em camadas de 0,20 m em 0,20 m até alcançar um coeficiente de permeabilidade menor ou igual a $k = 10^{-7}$ cm/s e espessura mínima de 0,5 m. Para esta operação a argila deve estar saturada em água.

Acima desta camada de argila será instalada manta de PEAD 2,0 mm, para uma segura impermeabilização do solo. A fim de realizar uma proteção mecânica na manta será lançada uma camada de saibro com espessura de 30 cm (Figura a seguir).

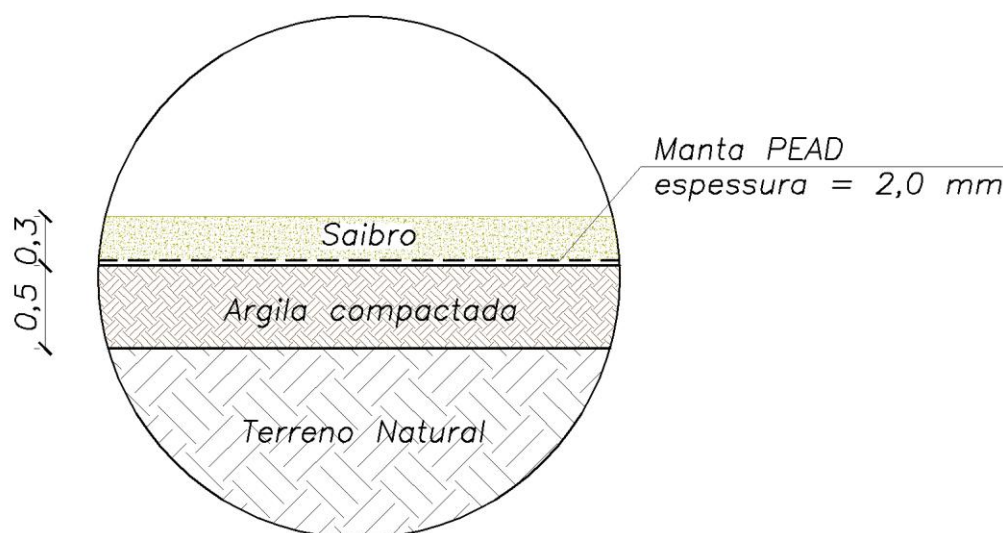


Figura 4.10 – Detalhe da impermeabilização inferior.

4.8.3 Impermeabilização Superior

Para minimizar a quantidade de águas pluviais no interior do aterro após seu encerramento, está prevista a impermeabilização superior do aterro com argila local compactada, com uma espessura de 0,40 m.

Finalizando esta cobertura, será disposta uma camada de solo orgânico com espessura igual a 0,10 m e, após, o plantio de grama, evitando dessa forma a erosão dos taludes (Figura 5.4).

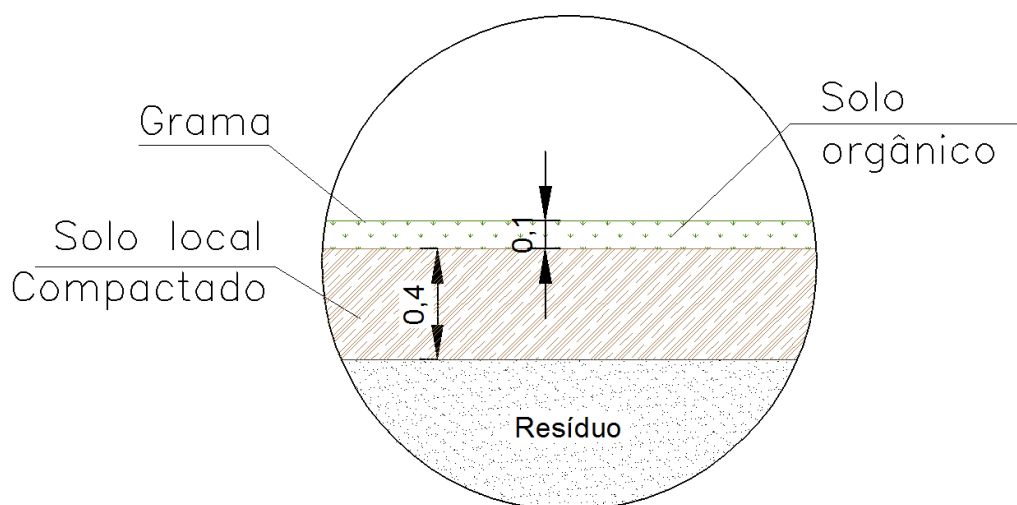


Figura 4.11 – Detalhe da impermeabilização superior.

4.8.4 Sistema de Drenagem do Chorume

Este sistema de drenagem, tem por objetivo coletar os líquidos percolados no interior do aterro, conduzindo-os ao sistema de tratamento, conforme a seguinte concepção:

Para a drenagem dos líquidos da Célula V, está prevista a instalação de um dreno de tubo flexível perfurado, de diâmetro 100 mm. Sob este tubo, será colocada pedra brita n.º 4. O tubo e a brita serão envolvidos por manta geotêxtil, que funcionará como um filtro. Deste dreno, o chorume escoará para fora da célula por um tubo de PVC para esgoto, com diâmetro igual a 100 mm. Fora de cada célula será construído um poço de inspeção e passagem, com anéis de concreto armado para poço. Deste ponto o chorume escoará para outro poço instalado no sistema de tratamento (Figura 5.5).

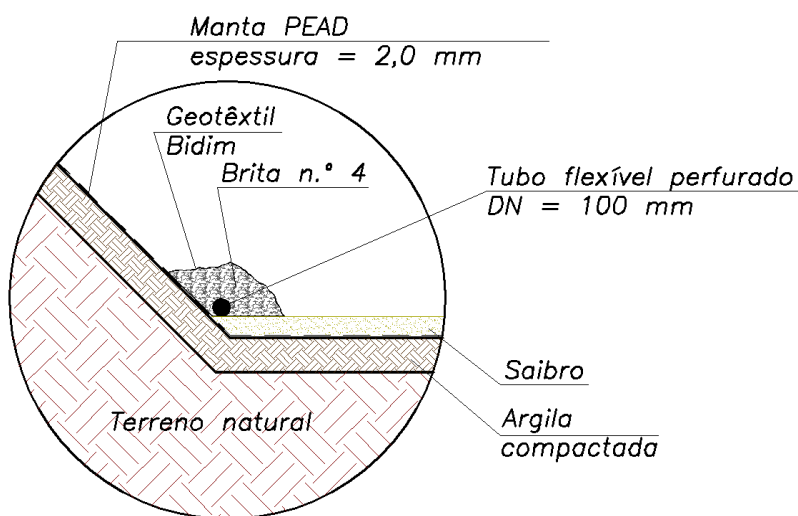


Figura 4.12 – Detalhe do dreno de chorume.

4.8.5 Sistema de Tratamento do Chorume

4.8.5.1 Descrição do Sistema de Tratamento 2 (área nova)

Os líquidos drenados no interior do aterro, devido a sua alta carga orgânica, necessitam passar por um sistema de tratamento.

O Sistema de Tratamento 2 (área de ampliação do aterro sanitário de Vacaria onde será instalada a Célula V) já está implantado e foi projetado com base em técnicas que contemplam a utilização de uma lagoa de polimento, elevados tempos de detenção nas lagoas facultativas e, em especial, a substituição das antigas lagoas anaeróbias por filtro anaeróbios preenchidos por brita.

Assim, o sistema é composto por um filtro anaeróbio de fluxo ascendente, três lagoas facultativas e uma lagoa de polimento (de pequena profundidade) que foram construídas num plano situado na cota 20 da área em questão. O sistema de tratamento funciona por gravidade.

A seguir são descritos os elementos do Sistema de Tratamento 2.

4.8.5.1.1 Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente

Foi construído escavando-se o terreno natural, compactando-se o fundo e as laterais com uma camada de argila com espessura de 0,5 m e, sobre esta, instalando uma geomembrana PEAD 1,0 mm. No fundo do filtro, sobre a geomembrana, foi instalado um estrado de madeira (proteção mecânica da manta). Sobre o estrado, até 3,0m de altura, a vala foi preenchida com brita nº3. O filtro tem a forma de tronco de pirâmide invertida, com as seguintes dimensões:

- Largura x comprimento = 19 x 19 m
- Volume Útil = 597 m³;
- Profundidade = 4,0 m;
- Área da lâmina d'água = 256 m²;

4.8.5.1.2 Lagoas Facultativas

Para tratar o efluente do filtro são utilizadas três lagoas facultativas idênticas, retangulares, respeitando uma relação comprimento-largura de 3:1, dispostas em série, com as seguintes dimensões:

- Comprimento = 27 m
- Largura = 11 m
- Volume útil = 219 m³
- Profundidade útil = 1,5 m
- Área da lâmina d'água = 192 m²

4.8.5.1.3 Lagoa de Polimento

Para tratar o efluente da terceira lagoa está sendo utilizada uma Lagoa de Polimento, retangular, respeitando uma relação comprimento-largura de 3:1, com as seguintes dimensões:

- Comprimento = 42 m
- Largura = 16 m
- Volume útil = 330 m³
- Profundidade útil = 1,5 m
- Área da lâmina d'água = 507 m²;

A locação do sistema de tratamento é apresentada no desenho 1.

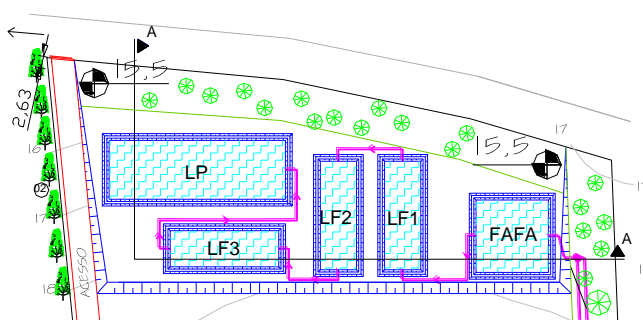


Figura 4.13 – Sistema de Tratamento 2 (novo).

4.8.5.2 Sistema de Tratamento 1 (antigo)

Também existe instalado na área outro sistema de tratamento que recebe os efluentes líquidos do aterro antigo.

O chamado Sistema de Tratamento 1 antigo é composto por:

- Uma lagoa anaeróbia;
- Duas lagoas facultativas;
- Uma lagoa de polimento.

Todas as lagoas são impermeabilizadas com manta PEAD de 0,8 mm de espessura.

Conforme determinação da FEPAM, não há descarte de efluente tratado para o meio ambiente. O efluente da última lagoa do sistema novo (1) é bombeado e infiltrado no

topo do aterro encerrado e daí para o sistema de tratamento antigo (2) através da drenagem. Após ser recolhido e tratado no sistema antigo, o efluente retorna novamente para o topo do aterro encerrado recirculando novamente até o tratamento sem haver descarte. A Figura a seguir apresenta a localização do sistema antigo, junto ao aterro encerrado.

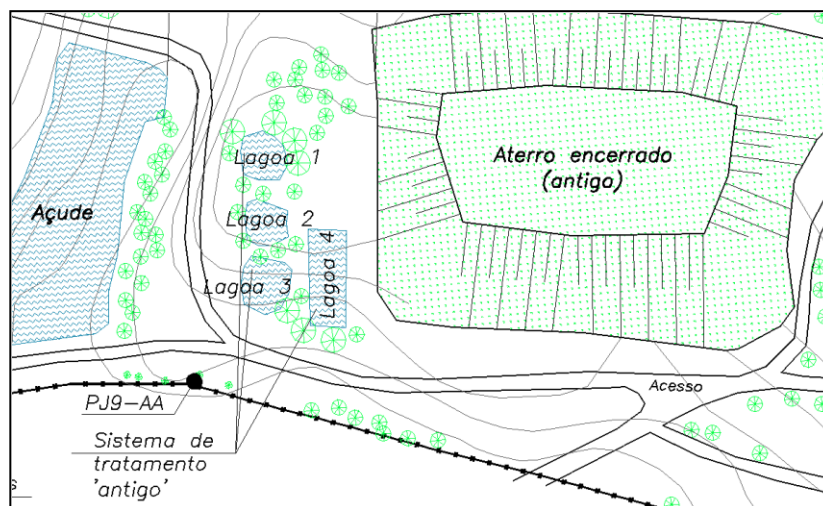
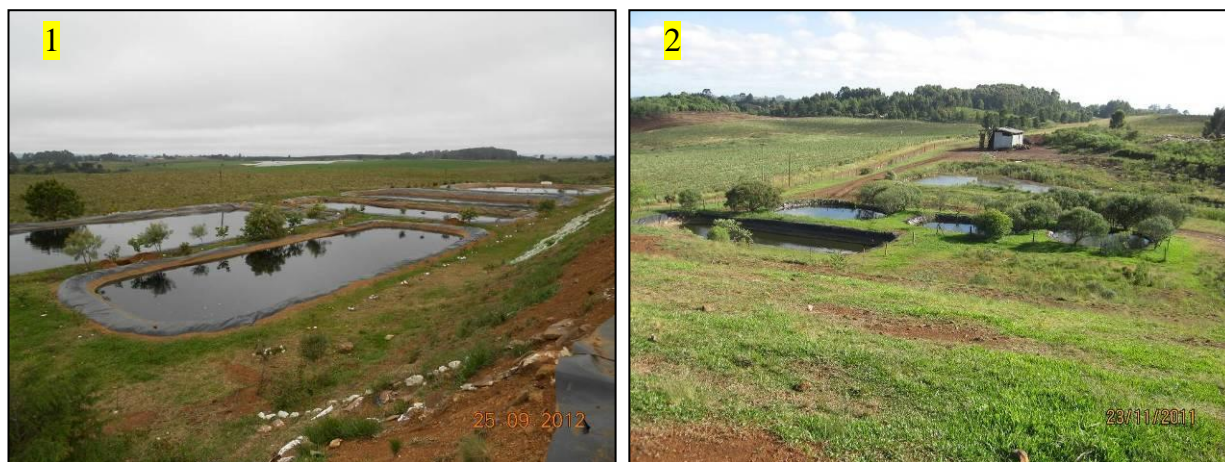


Figura 4.14 – Sistema de tratamento 1 (antigo).

As Fotos a seguir apresentam imagens dos dois sistemas de tratamento instalados.



Fotos 4.15 e 4.16 – 1. Sistema de tratamento “novo”; 2. Sistema de tratamento “antigo”.

4.8.6 Sistema de Drenagem de Águas Pluviais

Para desviar as águas pluviais precipitadas a montante da célula, será construído um talude de ancoragem da manta PEAD, na borda da Célula V, que terá as seguintes finalidades:

- Drenar as águas pluviais de montante das células;
- Ancoragem da manta PEAD;
- Espera para emenda da manta PEAD em uma eventual ampliação do aterro.
- O talude de ancoragem da manta PEAD será construído com solo local compactado, e terá seção trapezoidal com as seguintes dimensões:
 - base maior = 4,3 metros;
 - base menor = 1,5 metros;
 - altura = 1,0 metros.

4.8.7 Sistema de Drenagem dos Gases

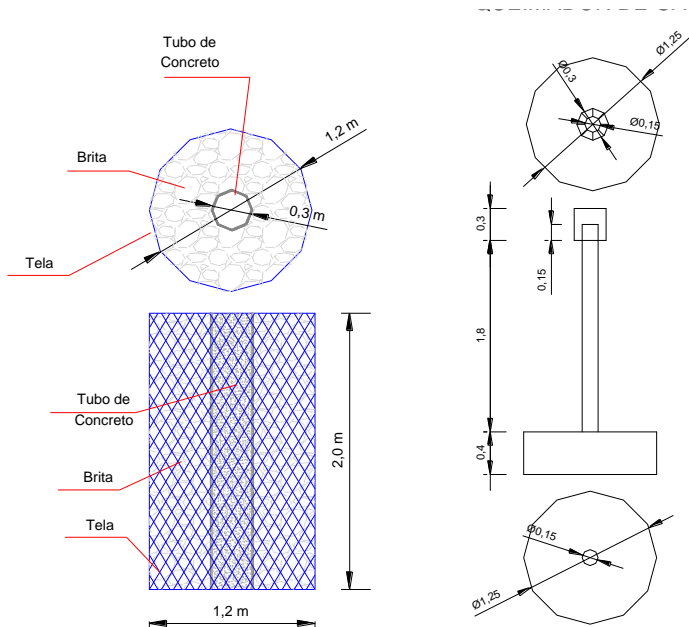
Para drenar os gases produzidos no interior da Célula V do aterro sanitário, está previsto a construção de dois drenos com espaçamento de 20 metros entre um dreno e outro.

Eles serão construídos com tubo de concreto perfurado, envolto com pedra brita n.º 4 e tela. As especificações do dreno são as seguintes:

- Tubo de drenagem de concreto perfurado com DN = 0,30 m;
- Pedra brita N.º 4;
- Tela de arame galvanizado, fio 2,20, malha 3”x3”, 14 DWG zincado.

O dreno de gás será construído em módulos de 2 metros de altura (altura da tela), com 1,2 metros de diâmetro. A medida que as cotas do aterro vão se elevando, cada módulo de dreno deverá ser “costurado” em outro módulo.

Quando o aterro atingir suas cotas máximas de projeto, deverá ser conectado ao dreno um queimador de gás. Este elemento de projeto deverá ser confeccionado em chapa de ferro de (1/8).



Figuras 4.15 e 4.16 – Detalhes do dreno de gás.

As fotos a seguir apresentam drenos de gás instalados na área do aterro em Vacaria. O processo de reinjeção do efluente tratado é feito com o uso do dreno de gás.



Fotos 4.17 e 4.18 - A injeção do efluente tratado no aterro antigo se dá através de um dreno de gás.

4.9 OPERAÇÃO DO ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

4.9.1 Equipamentos utilizados na operação do aterro sanitário:

- **Trator de Esteiras:** Para espalhamento, conformação, compactação e cobertura dos resíduos é utilizado um trator de esteira em boas condições de conservação.
- **Equipamento Espanta Pássaros:** Conforme determinação do Ofício N° FEPAM/DISA/4542-16, datado de 07 de julho de 2016, o empreendimento conta com o equipamento espanta pássaros com o objetivo de minimizar a incidência de aves na célula em operação.
- **Retroescavadeira:** Como equipamento de apoio na operação do aterro sanitário, é utilizada uma retroescavadeira.
- **Caminhão caçamba:** Como equipamento de apoio na operação do aterro sanitário, é utilizado um caminhão caçamba.



Fotos 4.19, 4.20 e 4.21 – Trator de esteira e equipamento espanta pássaros. Caminhão caçamba e retroescavadeira utilizados como equipamentos de apoio na operação do aterro sanitário.

4.9.2 Operação do aterro:

Conforme descrito anteriormente, a operação do Aterro Sanitário de Vacaria encontra-se na Célula IV e Etapa 04.

A operação do Aterro Sanitário é terceirizada, através de concorrência pública, onde a empresa contratada para realização dos serviços é a Serrana Engenharia Ltda (julho/2017).

Na operação do aterro de resíduos sólidos é utilizado um trator de esteiras tipo D6. A técnica de compactação adotada é a “de rampa”. Com esta técnica, para atingir um grau de compactação satisfatório é necessário a passagem do trator de esteiras sobre os resíduos, de baixo para cima, pelo menos 5 vezes. A rampa de lixo tem inclinação máxima de 1(V):2(H), visando evitar o desgaste excessivo do trator.

Toda vez que é atingida a cota de acabamento de projeto, é realizada a cobertura do lixo. A execução da cobertura se dá com material local numa espessura de 0,15 cm. O fechamento do aterro é com a compactação do resíduo + argila compactada + solo orgânico + grama, com inclinação 1(V):2(H).



Fotos 4.22 e 4.23 – Vista geral do aterro sanitário. Acesso a Etapa 4.

4.10 UNIDADE DE TRIAGEM E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Todo o resíduo oriundo da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos tem como local de destino e tratamento, uma unidade de triagem e classificação instalada no local.

Os materiais são triados em uma esteira de catação, classificados, enfardados e armazenados para posterior comercialização.

As condições operacionais do local são boas, com todo o resíduo estocado em área coberta e com piso de concreto.



Fotos 4.24 e 4.25 – Plataforma de descarga da coleta seletiva e esteira de catação.



Fotos 4.26 e 4.27 – Material armazenado em fardos dentro de área coberta acondicionados para comercialização.

4.11 GALPÃO DE ESTOCAGEM DE PNEUS (7.5 LO 2239/2015-DL)

Existe instalado na área do empreendimento, um galpão para armazenamento temporário de pneus inservíveis. O local deve ser mantido limpo com os pneus estocados em área coberta.



Fotos 4.28 e 4.29 – Galpão de estocagem de pneus.

4.12 ESTRUTURAS COMPLEMENTARES

4.12.1 Acessos

Para que os trabalhos de operação do aterro se processem normalmente, foram construídos acessos circundando todo o perímetro da área, além dos acessos internos.

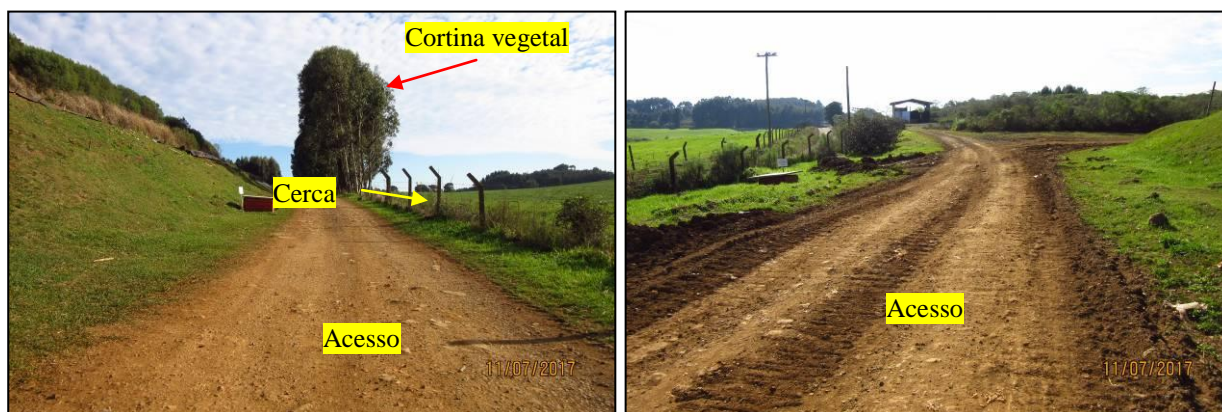
Todos os acessos têm 5 m de largura e são cobertos com uma camada de brita ou cascalho (0,10 m), para que se possa operar normalmente inclusive em dias de chuva.

4.12.2 Cortina Vegetal

Foi realizado o plantio de uma cortina vegetal no perímetro da área, objetivando o isolamento visual do aterro.

4.12.3 Isolamento da Área

A área já se encontra totalmente cercada com tela de arame galvanizado, malha (76x76) mm, fio 14 BWG, com 2,0m de altura com moirões de 5 em 5 m.



Fotos 4.30 e 4.31 – Acesso, cerca e cortina vegetal.

4.13 CONTROLE TECNOLÓGICO

O controle tecnológico visa o levantamento de dados para a análise das características de qualidade de águas do lençol freático, águas superficiais e do efluente dos sistemas de tratamento.

De acordo com a LO N.º 2239/2015-DL são monitorados, numa frequência trimestral e anual, nos pontos descritos nos itens a seguir.

4.13.1 Pontos de Amostragem

Os pontos analisados são os seguintes:

➤ *Sistema de Tratamento Antigo*

- Efluente Bruto (EB)
 - -28.527287°; -50.975990°
- Efluente Tratado (ET)
 - -28.527057°; -50.976504°

➤ *Sistema de Tratamento Novo*

- Efluente Bruto (EB)
 - -28.528022°; -50.973544°
- Efluente Tratado (ET)
 - -28.527831°; -50.972665°

➤ *Águas superficiais*

- Açude 01
 - -28.526592°; -50.975843°
- Açude 02
 - -28.527581°; -50.975223°

➤ *Águas subterrâneas (9 poços de monitoramento)*

- PZ01 Poço de Montante Área Nova
 - -28.527295°; -50.974369°
- PZ02 Poço de Jusante Área Nova
 - -28.5279856°; -50.972515°
- PZ03 Poço de Jusante Área Nova
 - -28.528184°; -50.973077°
- PZ04 Poço de Jusante Área Nova
 - -28.5282979°; -50.973374°
- PZ05 Poço de Jusante Área Nova
 - -28.527947°; -50.973707°
- PZ06 Poço de Jusante Área Nova
 - -28.527378°; -50.972854°
- PZ07 Poço de Jusante Área Nova
 - -28.526958°; -50.973267°
- PZ08 Poço de Montante Área Antiga
 - -28.527767°; -50.978473°
- PZ09 Poço de Jusante Área Antiga
 - -28.526736°; -50.976290°

A localização dos pontos pode ser observada na Figura a seguir.

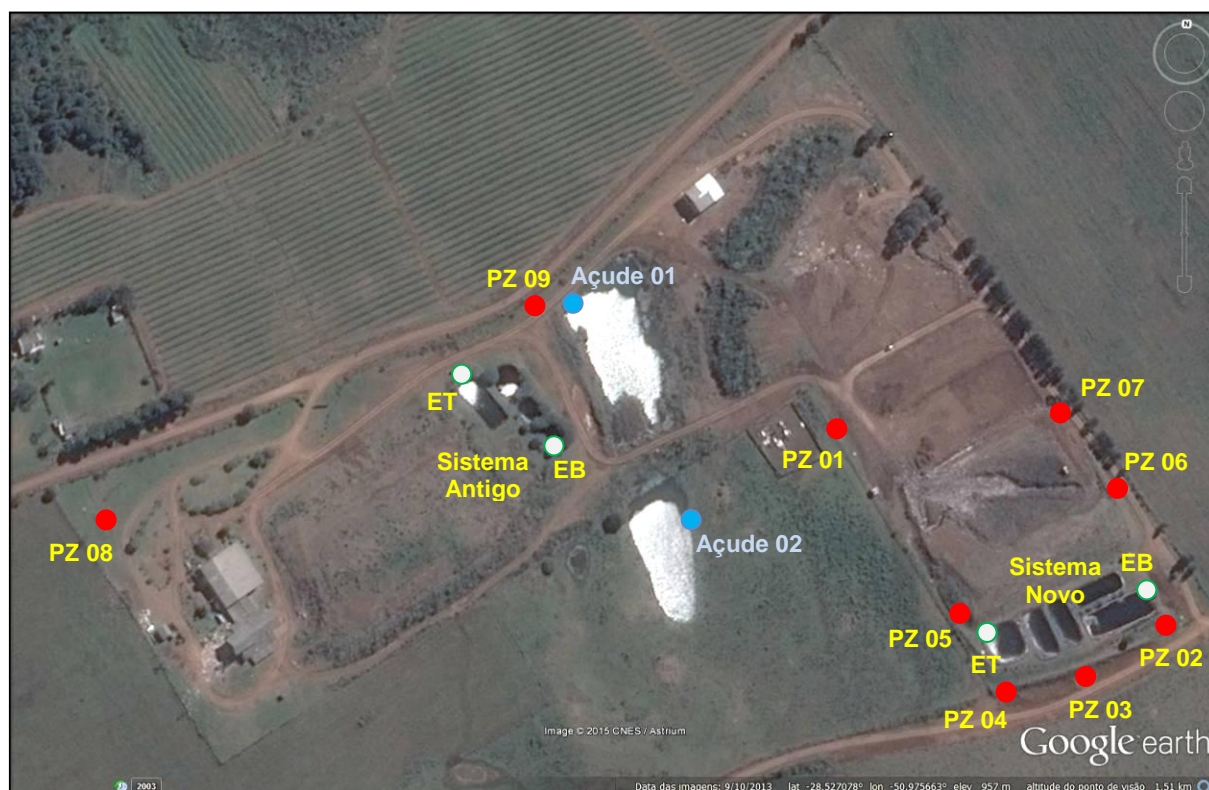


Figura 4.17 – Pontos de monitoramento.

4.13.2 Parâmetros a analisar

De acordo com a LO N.º 2239/2015-DL são analisados os seguintes parâmetros:

4.13.2.1 Frequência trimestral

Quadro 4.7 – Sistema de tratamento

Parâmetro	Unidade
Cádmio	mg/L
Chumbo	mg/L
Cloretos	mg/L
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL
Coliformes Totais	NMP/100mL
Condutividade	µS/cm
Cromo Total	mg/L

Parâmetro	Unidade
DBO ₅	mg/L
DQO	mg/L
Ferro	mg/L
Fósforo Total	mg/L
Magnésio	mg/L
Manganês	mg/L
Mercúrio	mg/L
Níquel	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	mg/L
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L
Oxigênio Dissolvido	mg/L
pH	-
Potássio	mg/L
Sódio	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	mL/L
Sólidos Suspensos Totais	mg/L
Sulfatos	mg/L
Temperatura	°C
Vazão	L/h

Quadro 4.8 – Águas superficiais

Parâmetro	Unidade
Cádmio	mg/L
Chumbo	mg/L
Cloretos	mg/L
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL
Coliformes Totais	NMP/100mL
Condutividade	μS/cm
Cromo Total	mg/L

Parâmetro	Unidade
DBO ₅	mg/L
DQO	mg/L
Ferro	mg/L
Fósforo Total	mg/L
Magnésio	mg/L
Manganês	mg/L
Mercurio	mg/L
Níquel	mg/L
Nitrogênio Amoniacal	mg/L
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L
Oxigênio Dissolvido	mg/L
pH	-
Potássio	mg/L
Sódio	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	mL/L
Sólidos Suspensos Totais	mg/L
Sulfato	mg/L
Temperatura	°C

Quadro 4.9 – Águas subterrâneas

Parâmetro	Unid.
Alcalinidade Total	mg/L
Cádmio	mg/L
Chumbo	mg/L
Cloretos	mg/L
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL
Coliformes Totais	NMP/ 100mL
Condutividade	µS/cm
Cromo Total	mg/L
DBO ₅	mg/L
DQO	mg/L
Mercúrio	mg/L
Níquel	mg/L
Oxigênio Dissolvido	mg/L
pH	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L
Sólidos Totais	mg/L
Sulfatos	mg/L
Temperatura	°C

5 MEMORIAL TÉCNICO

5.1 CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DA AMPLIAÇÃO DO ATERRO

Para calcular a vida útil obtida com a ampliação do aterro de Vacaria foi necessário, primeiramente, estimar a produção de resíduos ao longo do tempo. Segundo o IBGE a população estimada para 2.016 é de 65.135 habitantes, com uma taxa de crescimento populacional estimada em 1,01 % ao ano. A pesagem realizada em 2.016 apresentou uma média diária gerada de 30 t/dia ou 30.000 Kg/dia, perfazendo uma produção por habitante de 0,46 kg/.dia.

A população projetada para 2.017 é de 65.793 habitantes

A evolução populacional e de geração de resíduos é apresentada no Quadro 6.1 a seguir.

Quadro 5.1 - Projeção da capacidade volumétrica necessária para disposição dos resíduos sólidos de Vacaria de 2.017-2.021:

Ano	Pop. [hab.]	Lixo Coletado		Terra m³/dia	Volume a ser aterrado		
		t/dia	m³/dia		m³/dia	m³/ano	acumulado
2017	65.763	30,25	33,61	5,04	38,65	14.108,72	14.108,72
2018	66.423	30,55	33,95	5,09	39,04	14.250,37	28.359,09
2019	67.090	30,86	34,29	5,14	39,43	14.393,45	42.752,54
2020	67.764	31,17	34,63	5,20	39,83	14.537,96	57.290,50
2021	68.444	31,48	34,98	5,25	40,23	14.683,92	71.974,41

Obs.: Taxa de crescimento populacional = 1,01 % ao ano; Produção per capita de lixo = 0,46 kg / hab / dia; Material de cobertura = 15%, densidade do resíduo compactado = 0,9 t/m³.

Obs.: Admite-se, para fins do cálculo da vida útil do aterro, que todo o lixo gerado está sendo disposto no aterro, desprezando-se a redução devido a coleta seletiva.

A continuidade da operação do aterro sanitário terá, na sua configuração final, a seguinte disposição de ocupação:

- **Célula IV + Etapa 4 – Em operação:** Capacidade total para destinar 22.941 m³ de resíduos, e uma vida útil de 688 dias;

- **Célula V – A ser implantada:** Capacidade total para destinar 16.907 m³ de resíduos, e uma vida útil de 507 dias;

A continuidade de uso do Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos de Vacaria contará com **uma capacidade volumétrica total de cerca de 39.848 m³**, e, conforme a estimativa de geração de resíduos, uma **vida útil total de 1.015 dias = 2,8 anos**.

5.2 BALANÇO HÍDRICO

O cálculo do balanço hídrico é apresentado no quadro 7.2 a seguir, e seus dados de precipitação pluviométrica, bem como evapotranspiração potencial, tem como fonte uma série histórica entre os anos de 1961-1990, fornecida pelo Atlas Agroclimático do Rio Grande do Sul.

Quadro 5.2 - Balanço Hídrico

Parâmetro	Meses												
(mm)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
EP	109	87,2	79,1	70,8	60,7	56,3	63,5	71,1	80,8	94,1	99,6	116	988,1
P	132	119	98	102	104	144	123	129	148	132	76	104	1411
C'	0,18	0,18	0,18	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,18	0,18	////////
ES	23,8	21,4	17,6	22,4	22,9	31,7	27,1	28,4	32,6	29	13,7	18,7	289,3
I	108	97,6	80,4	79,6	81,1	112	95,9	101	115	103	62,3	85,3	1122
□I – EP)	-0,7	10,4	1,3	8,8	20,4	56	32,4	29,5	34,6	8,9	-37,3	-30,7	133,6
□ NEG (I – EP)	-68,7	////////	////////	////////	////////	////////	////////	////////	////////	0	-37,3	-68	////////
AS	93	103	105	113	134	150	150	150	150	150	115	94	////////
□□AS	-1	10,4	1,3	8,8	20,4	16,2	0	0	0	0	-35	-21	////////
ER	109	87,2	79,1	70,8	60,7	56,3	63,5	71,1	80,8	94,1	97,3	106	976,4
PER	0	0	0	0	0	39,8	32,4	29,5	34,6	8,86	0	0	145,3

Onde:

EP → Evapotranspiração Potencial (mm) → Fonte: Atlas Agroclimático do Rio Grande do Sul

P → Precipitação Pluviométrica (mm) → Fonte: Atlas Agroclimático do Rio Grande do Sul

C' → Coeficiente de Escoamento superficial → Calculado através de $C' = \alpha \cdot C$, onde α e C são fornecidos

$ES \rightarrow$ Escoamento Superficial \rightarrow Calculado através de $ES = C \cdot P$

$I \rightarrow$ Infiltração \rightarrow calculado através de $I = P - ES$

$I - EP \rightarrow$ Diferença entre as águas infiltradas e evaporadas

$\Sigma \text{ NEG } (I - EP) \rightarrow$ Perda potencial de água acumulada

$\Sigma AS \rightarrow$ Armazenamento da água no solo \rightarrow É função da capacidade da carga da camada de solo de cobertura

$\Delta AS \rightarrow$ Troca de armazenamento de água no solo $\rightarrow \Delta AS = AS_n - AS_{n-1}$

$\Delta ER \rightarrow$ Evapotranspiração real $\rightarrow ER = EP + [(I - EP) - \Delta AS]$

$PER \rightarrow$ Percolação $\rightarrow PER = P - ES - \Delta AS - ER$

5.3 SISTEMA DE TRATAMENTO DO CHORUME

O sistema de tratamento seguiu a seguinte metodologia de cálculo:

5.3.1 Vazão de Projeto

Para calcularmos a vazão de projeto, utilizaremos a média mensal de produção de percolado, visto que as lagoas têm dimensões suficientes para acumular chuvas de pico.

Do Quadro 5.2 - Balanço Hídrico, $PER = 145,30 \text{ mm/ano}$

$$Q = \frac{PER \times A_{cont}}{31.104.000}$$

$$PER = 145,30 \text{ mm/ano}$$

$$A_{cont} = 12.105 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,056 \frac{\ell}{s} = 4,89 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

5.3.2 Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente

O monitoramento sistemático de aterros localizados em várias regiões do estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina tem demonstrado que os filtros anaeróbios apresentam desempenho superior às lagoas anaeróbias para o tratamento de chorume, no que diz respeito a redução da matéria orgânica. Por esse motivo, optou-se pela implantação deste elemento na entrada do sistema.

A seguir, são apresentadas as condicionantes de projeto.

Filtro 1

- Vazão: $Q = 4,89 \text{ m}^3/\text{dia}$
- Carga (DBO afluente) = $8,0 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3$ (8000 mg/L)
- Volume útil: $V = 596 \text{ m}^3$
- Carga orgânica: $CO = 0,084 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3\text{dia}$
- Para filtros de baixa taxa a bibliografia recomenda cargas orgânicas entre inferior a $0,4 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3\text{dia}$.
- Eficiência: uma vez que a carga orgânica está dentro da recomendada, estima-se uma eficiência de 30% na remoção da DBO_5 .
- DBO efluente = 5.600 mg/L .

5.3.3 Lagoas Facultativas

Para tratar os líquidos oriundos do Filtro Anaeróbio serão utilizadas três lagoas facultativas dispostas em série, com as seguintes dimensões e características:

- Volume total (m^3) = 219 m^3
- Comprimento = 27 m
- Largura = 11 m
- Profundidade total = $2,0 \text{ m}$
- Profundidade até o nível d'água = $1,5 \text{ m}$
- Área da lâmina d'água = 192 m^2
- Tempo de detenção = $219/4,89 \Rightarrow t = 45 \text{ dias}$

O método de cálculo para a remoção da DBO será a degradação de 1ª ordem:

$$\frac{L_e}{L_i} = \frac{1}{1 + k_1 t^*}$$

onde:

L_e = DBO efluente

Li = DBO afluente

t^* = tempo de detenção hidráulica

k_1 = constante de degradação de 1ª ordem = $0,08 \text{ dia}^{-1}$ a 20°C

O quadro a seguir resume o sistema de tratamento:

Quadro 5.3 – Remoção de matéria orgânica das Lagoas Facultativas

	Li (mg/L)	t^* (dias)	Le (mg/L)
1ª Lagoa	5600,0	45	1.217
2ª Lagoa	1473,7	45	265
3ª Lagoa	387,8	45	58

5.3.4 Lagoa de Polimento

Estamos deixando de apresentar o memorial técnico sobre a eficiência da lagoa de polimento pelos seguintes aspectos:

- As lagoas de polimento são componentes de um sistema de tratamento que recebem baixas cargas orgânicas e sua principal função é o polimento do efluente, principalmente no decaimento bacteriológico.
- Como pode ser visto no item (7.3) na saída da segunda lagoa facultativa, o efluente já terá atingido, ainda que teoricamente, um valor abaixo do padrão de emissão preconizado.

5.3.5 Eficiência do Sistema de Tratamento

$$C = (8.000 - 58) / 8.000 \Rightarrow C = 99,3 \%$$

6 QUANTITATIVOS E CUSTOS

Este orçamento refere-se a custos de implantação da Célula V, não abordando os custos operacionais do aterro sanitário.

6.1 PESSOAL

Quadro 6.1 – Planilha de custos para pessoal (R\$)

<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>N.º de pessoas</i>	<i>N.º de horas</i>	<i>Valor Unitário (R\$) ^{*1}</i>	<i>Valor Total (R\$)</i>
Engenheiro Responsável	horas	1	100	79,40	7.940,29
Topógrafo	horas	1	30	25,62	768,71
Encarregado geral	horas	1	200	30,40	6.080,12
TOTAL 3.1					14.789,12

**1 – Neste valor deverão estar incluídos o transporte, a alimentação, o uniforme, o EPI, e todos os encargos sociais.*

**2 – Capacete, macacão e bota.*

6.2 EQUIPAMENTOS

Quadro 6.2 – Planilha de custos dos equipamentos (R\$)

<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>N.º de horas</i>	<i>Valor Unitário (R\$) ^{*1}</i>	<i>Valor Total (R\$)</i>
Caminhão basculante - 6 m ³	horas	200	105,01	21.002,27
Rolo compactador	horas	50	77,39	3.869,61
Moto niveladora	horas	50	127,76	6.388,13
Trator de esteira	horas	100	136,79	13.678,76
Escavadeira hidráulica	horas	100	130,91	13.091,46
Pá carregadeira	horas	200	95,68	19.136,81
TOTAL 3.2 - TOTAL COM EQUIPAMENTOS				77.167,04

**1 – Neste valor deverão estar incluídos o combustível, operador, e a manutenção do equipamento.*

6.3 MATERIAIS

Quadro 6.3 – Planilha de custos de materiais e serviços (R\$)

<i>Descrição</i>	<i>Unidade</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor Unitário (R\$)</i>	<i>Valor Total (R\$)</i>
Solo argiloso para impermeabilização inferior	m³	905	12,06	10.917,46
Solo argiloso para construção dos taludes	m³	1.523	12,06	18.372,70
Saibro para proteção da manta c/ transporte	m³	543	20,93	11.364,83
Manta PEDRA 2,00 mm de espessura instalada	m²	3.338	29,74	99.256,93
Poço de inspeção e passagem 5 (instalado conf. projeto)	m	2	521,07	1.042,13
Drenos de chorume (instalado conforme projeto)	m	67	51,40	3.443,69
Dreno de gás (instalado conforme projeto)	m	35	137,57	4.814,81
Queimador de gás (instalado conforme projeto)	un	02	521,54	1.043,08
Tubo de esgoto PVC DN = 100 mm colocado	m	156	17,32	2.701,41
Total 3.3. Total materiais				152.957,04
TOTAL 3. TOTAL COM MATERIAIS E SERVIÇOS				244.913,20

6.4 VALOR DA IMPLANTAÇÃO

O valor da implantação é de **R\$ 244.913,20**

7 CUSTO TOTAL DO CONTRATO COM IMPOSTOS SOBRE OS SERVIÇOS

7.1 CUSTO TOTAL ANUAL SEM BDI

Quadro 7.1 – Planilha de Custo total anual do contrato com impostos sobre os serviços

<i>Descrição</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Ampliação do aterro sanitário	244.913,20
Total sem BDI	244.913,20

7.2 CUSTO TOTAL COM BDI

O BDI considerado é composto pelas parcelas apresentadas no Quadro 7.2 e calculado por:

$$BDI = \frac{(1 + AC + S + G + R) \cdot (1 + DF) \cdot (1 + L)}{1 - I} - 1$$

Quadro 7.2 – Composição do BDI

<i>Parcelas do BDI</i>	<i>Valor percentual adotado</i>
(AC) - Administração Central	4,03
(S) + (G) - Seguro e Garantia	0,65
(R) - Risco	1,33
(DF) - Despesas Financeiras	1,52
(L) - Lucro	8,00
(I1) - PIS	0,65
(I2) - COFINS	3,00
(I3) - ISS	4,00
(I4) - Contrib. Previdenciária	4,50
BDI Adotado	32,30 %

Quadro 7.3 – Planilha de Custo total do contrato com BDI

<i>Descrição</i>	<i>Valor (R\$)</i>	<i>Valor com BDI (R\$)</i>
Ampliação do aterro sanitário	244.913,20	324.020,17
Total com BDI		324.020,17

7.3 ENCARGOS SOCIAIS

O Quadro a seguir apresenta os encargos considerados na mão de obra de mensalista, conforme Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI – Caixa Econômica Federal).

Quadro 7.4. Resumo mão de obra mensalista

<i>Código</i>	<i>Descrição</i>	<i>Grupo A (%)</i>	<i>Grupo A (%)</i>	<i>Grupo A (%)</i>	<i>Grupo A (%)</i>
A	Grupo A				
A1	INSS	20,0			
A2	SESI	1,50			
A3	SENAI	1,00			
A4	INCRA	0,20			
A5	SEBRAE	0,60			
A6	SALÁRIO EDUCAÇÃO	2,50			
A7	Seguro contra acidentes de trabalho	3,00			
A8	FGTS	8,00			
A9	SECONCI	1,00			
B	GRUPO B				
B1	Repouso semanal remunerado		N.I.		

Código	Descrição	Grupo A (%)	Grupo A (%)	Grupo A (%)	Grupo A (%)
B2	Feriados		N.I.		
B3	Auxílio-enfermidade		0,70		
B4	Décimo terceiro salário		8,33		
B5	Licença paternidade		0,05		
B6	Faltas justificadas		0,56		
B7	Dias de chuva		N.I.		
B8	Auxílio acidente de trabalho		0,08		
B9	Férias gozadas		7,17		
B10	Salário maternidade		0,02		
C	Grupo C				
C1	Aviso prévio indenizado			4,41	
C2	Aviso prévio trabalhado			0,10	
C3	Férias indenziadas + 1/3			3,47	
C4	Depósito rescisão sem justa causa			3,73	
C5	Indenização adicional			0,37	
D	Grupo D				
D1	Reincidência de A sobre B				6,39
D2	Reincidência de A sobre aviso prévio trabalhado + Reincidência de FGTS sobre aviso prévio indenizado				0,39
Subtotais		37,80	16,91	12,08	6,78
Total dos encargos sociais sobre o salário mês		73,57 %			

Obs. N.I. = Não Incidente

8 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

O cronograma para a execução deste projeto é apresentado na tabela a seguir:

Tabela 8.1 - Cronograma de execução

ESPECIFICAÇÕES	Mês 01	Mês 02	Mês 03
Serviços Preliminares e de engenharia			
Preparo da base e colocação da manta PEAD			
Drenagem de percolados e acessos			

9 CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO

O cronograma físico financeiro para a execução do projeto é apresentado na tabela a seguir:

Tabela 9.1 - Cronograma físico financeiro

ESPECIFICAÇÕES	VALOR DO DESEMBOLSO (R\$)		
	Mês 01	Mês 02	Mês 03
Serviços preliminares e de engenharia	64.804,04		
Preparo da base e colocação da manta PEAD		97.206,05	
Drenagem de percolados e acessos			162.010,08
Acumulado	64.804,04	162.010,08	324.020,17

10 PLANO DE MONITORAMENTO E USO FUTURO DA ÁREA

10.1.1 Plano de monitoramento

O aterro será monitorada da seguinte forma.

- *Processos erosivos:*

Deverão ser monitorados e corrigidos os processos erosivos que eventualmente forem identificados em toda a área do maciço de resíduos.

- ***Sistemas de drenagem pluvial, percolados e gases:***

Deverão ser monitorados e corrigidos todas as inconformidades que eventualmente forem identificados nos sistemas de drenagem pluvial, percolados e gases.

- ***Lagoa de retenção:***

Como não haverá lançamento de efluente tratado para o meio ambiente, os níveis das lagoas deverão ser monitorados diariamente, e sempre que necessário, deverá ser acionado o bombeamento para que não haja lançamento do efluente. Também deverá ser monitorada a integridade da geomembrana.

- ***Efluente bruto e tratado, águas superficiais e subterrâneas:***

A qualidade do efluente bruto e tratado, das águas superficiais e das águas subterrâneas será monitorada de acordo com o especificado na Licença de Operação LO N.º 2239/2015-DL da Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, conforme apresentado no item 5.13.2 deste projeto.

10.1.2 Uso futuro da área

Uma atividade compatível com a fase de encerramento e monitoramento é a utilização do local como viveiros de mudas municipal para utilização na arborização da cidade.

Cesar Peña Olinto
Engenheiro Químico
CREA-RS 78.500

Marcelo Porto de Figueiredo
Engenheiro Civil, Dr.
CREA-RS 128.955

ANEXO – DESENHOS