CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL ESMERALDA/PINHAL DA SERRA

PROJETO TÉCNICO DE AMPLIAÇÃO
IMPLANTAÇÃO DE NOVA CÉLULA/VALA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

PINHAL DA SERRA/RS, OUTUBRO DE 2025.

R. Eugênio Dametto, 91 -
São Cristóvão, Tapejara - RS,
99950-000

(54) 2014-0065
www.maxximambiental.com.br
contato@maxximambiental.com.br

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Situação atual da célula em operação 8
Figura 2: Imagem capturada da área do empreendimento..... 9
Figura 3: Pavilhão de triagem existente na área..... 11
Figura 4: Pavilhão de armazenamento de resíduos recicláveis e volumosos 11
Figura 5: Planta planialtimétrica da área em estudo..... 12
Figura 6: Método suíço de estimativa de vazão de percolado..... 20
Figura 7: Referência para determinar o valor de “K”..... 22
Figura 8: Gráfico da taxa de geração de gás por ano..... 26
Figura 9: Gráfico da produção cumulativa de gás..... 26
Figura 10: Modelo de Geotubo sujerido..... 33
Figura 11: Exemplo de tubo de captação de gases 34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Média da geração per capita de resíduos sólidos urbanos no Brasil 13
Quadro 2: Geração per capita de resíduos sólidos urbanos estimados para os municípios 14
Quadro 3: Dimensões da célula projetada 16
Quadro 4: Dados de precipitações atmosféricas 20

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 6
1.1 INFORMAÇÕES CADASTRAIS 6
2 OBJETIVOS 7
2.1 OBJETIVO GERAL 7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E JUSTIFICATIVAS 7
4 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS PARA OS LEVANTAMENTOS E PROJETO 8
5 MEMORIAL DESCRITIVO TÉCNICO 9
5.1 CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO 9
5.2 INFORMAÇÕES ACERCA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) RECEBIDOS NO EMPREENDIMENTO 10
5.3 CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DO LOCAL PROPOSTO A NOVA VALA 12
6 MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULOS 13
7 POPULAÇÃO E PRODUÇÃO *PER CAPITA* DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS 13
7.1 MASSA ESPECÍFICA 14
7.2 VALA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS 14
7.3 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE FUNDO E LATERAIS 16
7.4 REVESTIMENTO GEOSSINTÉTICO 18
7.5 SISTEMA DE COBERTURA DOS RESÍDUOS DURANTE A OPERAÇÃO 18
7.6 SISTEMA DE COBERTURA FINAL 18
7.7 SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADO 19
7.8 SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL 24
7.9 SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES 26
8 MÉTODO DE DISPOSIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS 29
8.1 CÉLULA DE DISPOSIÇÃO 29
8.2 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE FUNDO E LATERAIS 29
8.3 SISTEMA DE COBERTURA INTERMEDIÁRIO 30
8.4 SISTEMA DE COBERTURA FINAL 30
8.5 SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS SUPERFICIAIS 31
8.6 SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADO 32
8.7 SISTEMA DE DRENAGEM DE GÁS 33
8.8 SISTEMA DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO 35
8.9 PLANO E ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO 35
8.10 PREPARO E ISOLAMENTO DA ÁREA DO ATERRO 35
8.11 CERCAMENTO E CORTINAMENTO VEGETAL 35
8.12 VIAS DE ACESSOS EXTERNAS E INTERNAS 36
8.13 SISTEMAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA FASE DE IMPLANTAÇÃO 36
8.14 PREPARO DE LOCAL DE DISPOSIÇÃO 36
9 PLANO E ATIVIDADES DE OPERAÇÃO 37
9.1 ATIVIDADES DE CARÁTER ADMINISTRATIVO E TÉCNICO 37
9.1.1 Layout da área do aterro 38
9.2 TRANSPORTE E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS 38
9.3 TRATAMENTO, ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS 39
9.4 MATERIAL DE EMPRÉSTIMO 39
9.5 LISTAGEM DE EQUIPAMENTOS E DA MÃO-DE-OBRA 39
9.6 MEDIDAS DE SEGURANÇA NA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO 39
9.7 PLANO DE ENCERRAMENTO DA VALA E CUIDADOS POSTERIORES 39
9.8 SUGESTÃO DE RECUPERAÇÃO DA ÁREA 40
9.9 PLANO DE MONITORAMENTO 40

10 CONCLUSÃO **42**
ANEXO I **43**
ANEXO II **44**
ANEXO III **45**
ANEXO IV **46**

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento busca apresentar o projeto técnico de implantação das novas células de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), com detalhamento dos métodos de disposição e especificações construtivas segundo a Diretriz Técnica da FEPAM n° 04/2017.

Este projeto é apresentado como parte da documentação necessária para solicitação da Licença Prévia de Instalação e Ampliação (LPIA) da nova célula de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), pois a célula em operação está com sua capacidade esgotando-se. Será apresentado assim na sequência, as informações básicas técnicas acerca da localização da nova célula de disposição projetada e técnicas a serem adotadas para disposição dos RSU gerados nos municípios, sendo estes no município de Esmeralda/RS e Pinhal da Serra/RS.

1.1 Informações Cadastrais

Empreendedor:

Nome/Razão Social: Consórcio Intermunicipal Esmeralda/Pinhal da Serra

CNPJ: 04.676.444/0001-00

Endereço: Estrada Esmeralda Pinhal da Serra, interior.

Local de estudo

Endereço do local de estudo: Estrada Esmeralda/Pinhal da Serra, km 12, interior – Pinhal da Serra/RS

Coordenadas geográficas aproximadas de acesso a área:

S- 27°58'31.34" W-51°12'33.73" (SIRGAS 2000)

Técnico Responsável

Nome: João Vitor Mazutti

Engenheiro Ambiental CREA RS208060

Técnico em Mineração CFT 01338856073

Pós Graduado em Engenharia de Minas

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente documento tem como objetivo geral ser parte integrante da documentação necessária referente a solicitação da LPIA da área do empreendimento, onde localiza-se o Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do Consórcio Intermunicipal Esmeralda/Pinhal da Serra.

2.2 Objetivos específicos

Quanto aos objetivos específicos podemos abordar os seguintes itens abaixo detalhados:

- Apresentação do Projeto Técnico de implantação de 3 novas células com identificação dos RSU;
- Apresentação do método de disposição e especificações técnicas construtivas a serem adotadas para construção das respectivas células de disposição de resíduos sólidos urbanos, conforme Diretriz Técnica da FEPAM n° 04/2017;
- Apresentação de plantas e mapas respectivos da área em estudo, com indicação da localização das células projetadas ao longo do tempo.

3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E JUSTIFICATIVAS

Tendo em vista a grave problemática quanto à gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), desde sua produção, coleta, e disposição final, torna-se um desafio à maneira de gerir todo esse resíduo gerado. Este lixo não pode ser destinado diretamente ao meio ambiente, sem haver um controle efetivo quanto a sua disposição. Desta forma, é necessário a destinação destes resíduos em aterros sanitários regularizados, perante as medidas de controle ambiental necessárias conforme legislações.

4 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS PARA OS LEVANTAMENTOS E PROJETO

A metodologia para o desenvolvimento do respectivo projeto, baseou-se na aplicação de diferentes recursos tecnológicos e manuais. Foi realizado levantamento no empreendimento pela equipe técnica da Maxxim Ambiental, onde percorreu-se toda a área do empreendimento inclusive nos locais pretendidos a implantação das novas células de disposição de resíduos sólidos urbanos, de forma a coletar informações e dados através de equipamentos de topografia e aerofotogrametria para se projetar o novo local para disposição dos rejeitos.

Os estudos na célula em operação e no local pretendido da nova célula, foram realizados com base e auxílio do equipamento de precisão *Real Time Kinematic* – RTK, sendo que pontos e coordenadas geográficas foram aferidas nos pontos de interesse. Para a avaliação aerofotogramétrica com DRONE, pontos de controle foram dispostos nas delimitações da área que se desejava avaliar e cada um deles também obteve seu ponto geográfico obtido a partir do RTK.

Guiado pelos pontos de controle, o DRONE pôde realizar uma análise aérea com registros fotográficos e topográficos do local, com dados sobre relevo e planialtimetria do local. Todos os dados foram renderizados em softwares de precisão específicos.

A figura 1 evidencia a situação atual da célula conforme vistoria da equipe técnica, sendo que em ANEXO I apresenta-se a certidão de cadastro de aeronave não tripulada referente ao DRONE utilizado nos levantamentos.

Figura 1:Situação atual da célula em operação



Fonte: Os autores, 2025

A Figura 2 apresenta uma imagem da área do empreendimento em estudo, capturada através de aerofotogrametria com o uso do equipamento.

Figura 2: Imagem capturada da área do empreendimento



Fonte: Os autores, 2024

Salienta-se que os estudos realizados com base nos levantamentos técnicos a campo serviram para dar andamento aos trabalhos e projetar a nova célula de disposição conforme legislações e diretrizes técnicas aplicáveis da FEPAM.

5 MEMORIAL DESCRITIVO TÉCNICO

5.1 Concepção geral do projeto

O projeto das células de disposição de resíduos sólidos apresentado, visa o encaminhamento dos RSU gerados nos municípios de Esmeralda e Pinhal da Serra, tendo em vista o Consórcio Intermunicipal existente entre ambos municípios. Ou seja, somente estes dois municípios realizam a disposição de resíduos na área do aterro.

A existência desse consórcio entre os municípios proporciona uma alternativa viável e extremamente atrativa para as prefeituras em questão, em virtude de que grande parte dos municípios não possui estudos aprofundados em relação a possíveis áreas de implantação de aterro, embora seja compromisso delas inclusive conforme seus Planos Municipais de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos. Entre outros fatores, esse consórcio torna-se importante, na medida em que, assim, diminui-se também a quantidade de aterros em operação e mitiga-se uma série de riscos e encargos críticos, tais como a inviabilidade financeira da construção e gestão individual de aterros sanitários por municípios menores, o risco de não cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e os impactos socioambientais advindos da proliferação de lixões ou aterros mal gerenciados.

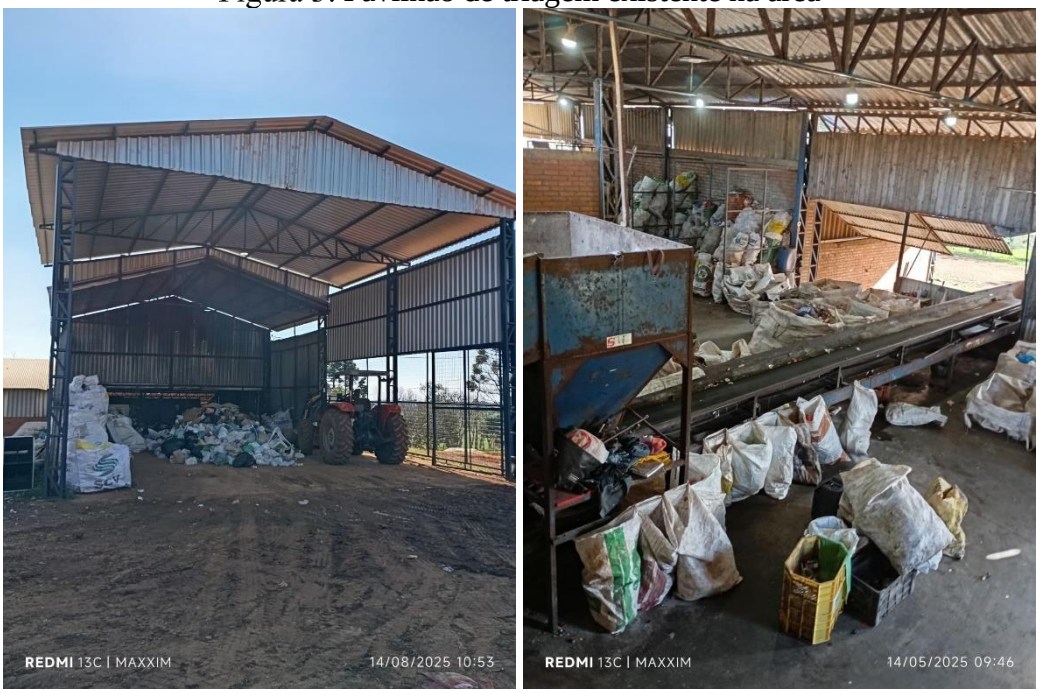
Para a população em geral, o conhecimento da destinação adequada de seus resíduos segundo as normas, gera uma concepção de dever cumprido com o meio ambiente. Sendo assim, o projeto apresentado, busca o encaminhamento dos resíduos para a nova célula de disposição.

Projeta-se desta forma, que somente os rejeitos sejam dispostos no aterro, sendo que os resíduos recicláveis devem ser segregados no galpão de triagem e possuir destinos a recicladoras ambientalmente licenciadas conforme já é realizado atualmente no empreendimento.

5.2 Informações acerca dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) recebidos no empreendimento

A área do empreendimento possui um pavilhão de triagem de resíduos, onde ocorre a segregação dos resíduos recicláveis, os quais são vendidos para recicladoras ambientalmente licenciadas. O transporte dos resíduos até o setor de triagem é realizado por caminhões, onde ocorre o transbordo do resíduo, passando pela esteira de triagem, segregação do material e encaminhamento dos rejeitos para a célula de disposição de resíduos. Na Figura 3 apresentado o pavilhão onde é realizada a triagem.

Figura 3: Pavilhão de triagem existente na área



Fonte: Os autores, 2025

Os resíduos segregados (recicláveis) são acondicionados em baias internas ao pavilhão e após serem enfardados, são armazenados em um segundo pavilhão existente para materiais volumosos, até a venda dos mesmos para recicladoras. Na Figura 4, apresenta-se o pavilhão para armazenamento dos resíduos sólidos volumosos, os quais são segregados na unidade de triagem do empreendimento e também os resíduos recicláveis enfardados

Figura 4: Pavilhão de armazenamento de resíduos recicláveis e volumosos



Fonte: Os autores, 2025

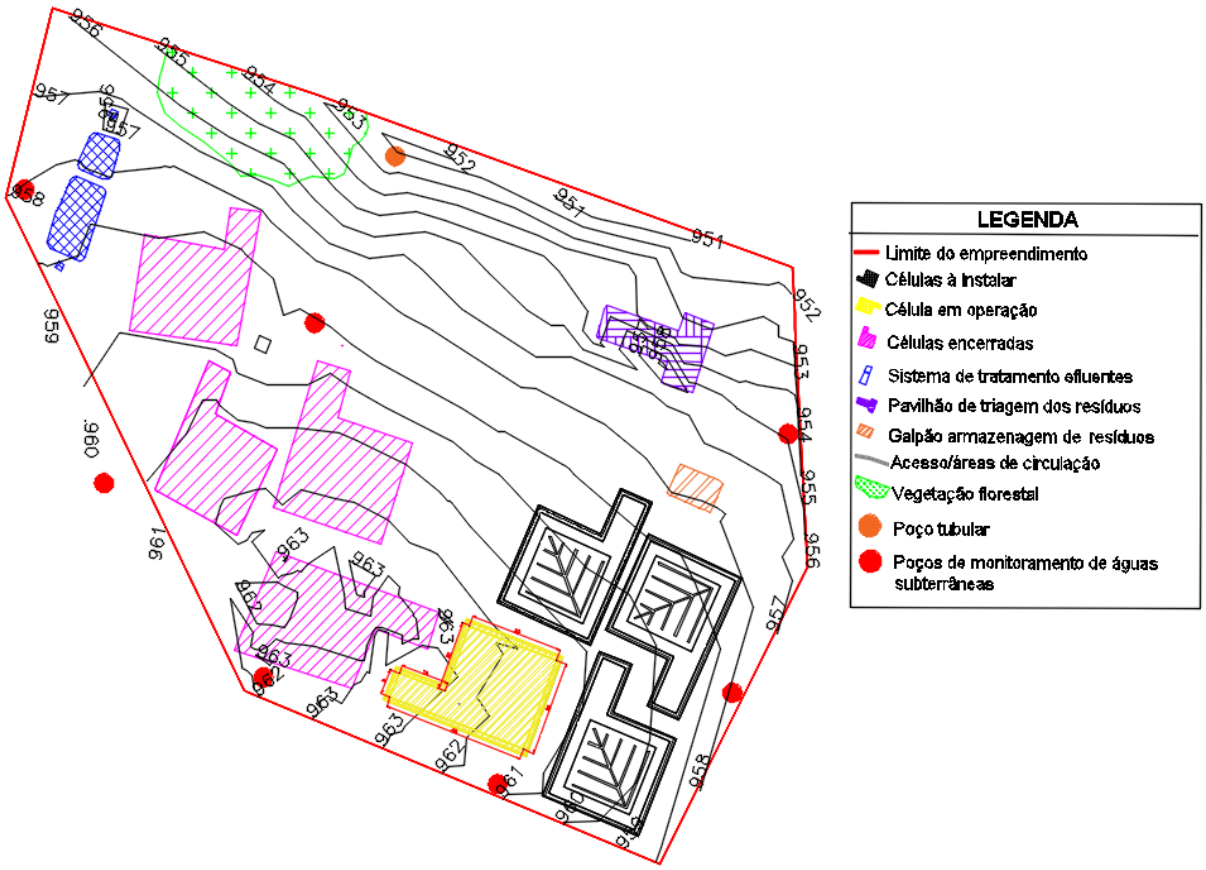
5.3 Caracterização topográfica do local proposto a nova vala

Conforme citado anteriormente, estudos acerca da topografia local foram realizados com equipamentos de precisão, em que com os mesmos, pode-se realizar o projeto da nova célula considerando os critérios técnicos necessários para seu dimensionamento.

Assim podemos definir que, a cota topográfica do terreno onde realizar-se-á a implantação da nova vala de disposição de resíduos localiza-se sob cota altimétrica média 962 metros. A vala em operação atualmente na área, está localizada sob cota altimétrica 963 metros. As lagoas de tratamento (ETE) localizam-se sob cota altimétrica 958 metros, enquanto o galpão de triagem localizado na área, localiza-se sob cota altimétrica 953 metros.

A Figura 5 apresenta a planta planialtimétrica da área em estudo, onde localiza-se a vala futura projetada neste documento. Esta planta é reapresentada em ANEXO II do presente documento.

Figura 5: Planta planialtimétrica da área em estudo



6 MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULOS

7 População e produção *per capita* de resíduos sólidos urbanos

A geração per capita de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de uma comunidade é um indicador fundamental no planejamento do manejo, sendo obtida pela divisão da quantidade total de resíduos coletados pela população atendida, conforme metodologia básica descrita por Oliveira et al. (2004). Contudo, a variação desse índice é ampla e depende do porte populacional da área estudada. Para fins de projeção e planejamento, a literatura técnica utiliza faixas de variação per capita de RSU em função do tamanho da cidade, conforme o Quadro 1 (Tabela de Referência de RSU), que consolida uma classificação técnica tradicional para o Brasil:

Quadro 1: Média da geração per capita de resíduos sólidos urbanos no Brasil

Tamanho da Cidade	População Urbana (habitantes)	Geração Per Capita (Kg/hab.dia)
Pequena	Até 30.000	0,50
Média	De 30.000 a 500.000	De 0,50 a 0,80
Grande	De 500.000 a 3.000.000	De 0,80 a 1,00
Megalópole	Acima de 3.000.000	De 1,00 a 1,30

Fonte: Referencial Técnico Setorial (Adaptado de manuais do IPT/CETESB e publicações técnicas sobre saneamento básico).

Os respectivos municípios em estudo se enquadram na faixa média de 0,50 kg/hab.dia de geração de resíduos sólidos, tendo em vista população inferior a 30 mil habitantes conforme média para o Brasil.

Conforme dados coletados junto ao IBGE, o município de Esmeralda RS registrou no último censo (IBGE 2022) 3.195 habitantes e o município de Pinhal da Serra registrou 2.248 habitantes, resultando assim em uma população total de 5.443 habitantes.

Tendo em vista que as 3 células indicadas, tem uma previsão de vida útil de aproximadamente 9 anos, é extremamente importante efetuar o cálculo da taxa exponencial de crescimento populacional, para tanto, através da equação 1, calcula-se:

$$k = \sqrt[n]{\frac{N}{N0}} - 1 \times 100 \quad \text{(Eq. 1)}$$

Onde:

k = taxa exponencial de crescimento (constante)

N = População total no tempo final – Censo IBGE 2022 (5.443 habitantes)

N0 = População no tempo inicial – Censo IBGE 2010 (5.298 habitantes)

n = Tempo de vida útil

$$k = 0{,}225\% \; ao \; ano \quad \text{(Eq. 1.1)}$$

A partir dos dados coletados, foi possível calcular o volume de resíduos sólidos recebido na unidade do aterro atualmente e que seria encaminhado a célula de disposição. O Quadro 2 apresenta os valores individuais estimados de resíduos produzidos e encaminhados para disposição final anualmente, levando em consideração a Equação 2.

$$RG = GPC \times Pk \times 365 \text{ (Eq. 2)}$$

Onde:

RG = Resíduos gerados no ano;

GPC = Geração per capita de resíduos;

Pk = População anual (levando em consideração a taxa de crescimento)

Quadro 2: Geração per capita de resíduos sólidos urbanos estimados para os municípios

Ano	População calculada	Produção per capita/dia	Produção de lixo (kg/dia)	Produção de lixo (kg/ano)	Produção de lixo (ton/ano)	Somatório para 3 anos de vida útil
2025	5479	0,5	2739,5	999918	999,918	-
2026	5491	0,5	2745,5	1002108	1002,11	3012,90 toneladas
2027	5503	0,5	2751,5	1004298	1004,30	
2028	5515	0,5	2757,5	1006488	1006,49	
2029	5528	0,5	2764	1008860	1008,86	3033,15 toneladas
2030	5540	0,5	2770	1011050	1011,05	
2031	5552	0,5	2776	1013240	1013,24	
2032	5564	0,5	2782	1015430	1015,43	3053,22 toneladas
2033	5577	0,5	2788,5	1017803	1017,80	
2034	5589	0,5	2794,5	1019993	1019,99	

Ano previsto para término da vida útil da célula atual em Operação (Célula 5)
Estimativa de vida útil para primeira célula a ser instalada (Célula 6)
Estimativa de vida útil para segunda célula a ser instalada (Célula 7)
Estimativa de vida útil para terceira célula a ser instalada (Célula 8)

7.1 Massa específica

A faixa de peso específico adotado para os resíduos do aterro é de 5,0 a 9,0 kN/m³ segundo a classificação de IPT; CEMPRE, 2018. O valor de peso específico intermediário considerado nos cálculos será, portanto, de 7,5 KN/m³, ou seja,0,75 t/m³.

7.2 Vala de disposição de resíduos

Tendo em vista que as características do local proposto a construção da nova vala de disposição de resíduos sólidos favorecem a sua execução, a mesma é projetada na área do consórcio conforme detalhamentos técnicos abordados neste documento.

A célula pretendida de execução pelos municípios volta-se em tamanhos similares as células já executadas na área do empreendimento. Determinando as dimensões de

superfície da célula conforme pode ser observado no Quadro 3, considerando inclinação de 3(V):2(H), vida útil aproximada de 3 anos e conhecendo a projeção aproximada de geração de lixo (conforme quadro 2), foi possível calcular o volume da célula e o volume aproximado de resíduos que serão depositados da vala.

O baixo índice de crescimento populacional resulta em uma variação incremental marginal na projeção anual da taxa de geração de resíduos per capita. Para garantir a armazenamento com base no dimensionamento volumétrico da célula, especialmente no contexto de um gerenciamento de risco conservador, adota-se o princípio do fator de segurança. Desta forma, o cálculo da capacidade de disposição é ancorado na máxima taxa de geração projetada, correspondente ao terceiro ciclo (3 anos) de operação. Esta abordagem assegura que o volume requerido para as três célulasrepresente o pior cenário de ocupação, conferindo, por consequência, uma margem de capacidade excedente e, portanto, uma segurança dimensional às duas células anteriores.

A equação 3 apresenta o cálculo referente ao volume de resíduos que serão depositados na célula.

$$VRG = \frac{m}{p} \text{ (Eq.3)}$$

Onde:

VGR: Volume de resíduos gerados (período considerado para as 3 células – crítico)

m: Massa de resíduos gerados

ρ: Massa específica considerada para os resíduos

$$VRG = \frac{3053{,}22\ t}{0{,}75\frac{t}{m^3}} \text{ (Eq.3.1)}$$

$$VRG = 4070{,}96\ m^3 \text{ (Eq.3.2)}$$

Quadro 3: Dimensões da célula projetada

Dimensões da célula (m)		
Comprimento da superfície (m)	Largura da superfície (m)	Profundidade (m)
32,0	32,0	5,4
Comprimento de fundo (m)	Largura de fundo (m)	Profundidade (m)
24,8	24,8	5,4
Dimensões da rampa de acesso a célula		
Comprimento da superfície (m)	Largura da superfície (m)	Inclinação %
16,0	8,0	33,0

Considerando as dimensões citadas no Quadro 3, foi calculado o volume da célula, utilizando a equação 4 onde:

$$V\ célula\ =\ Cm\ \times\ Lm\ \times\ P \text{ (Eq.4)}$$

Onde:

V célula = volume da célula projetada (m³)

Cm = comprimento médio (m) = $\frac{Cfundo+Csuperfície}{2} = \frac{24{,}8m+32{,}0m}{2} = 28{,}4\text{m}$

Lm = largura média (m) = $\frac{Lfundo+Lsuperfície}{2} = \frac{24{,}8m+32{,}0m}{2} = 28{,}4\text{m}$

P = profundidade (m) = 5,4 m

$$V\ célula\ =\ 28{,}4\ m\ \times\ 28{,}4\ \times\ 5{,}4\ m \text{ (Eq.4.1)}$$

$$V\ célula\ =\ 4355{,}424\ m^3 \text{ (Eq.4.2)}$$

A partir dos cálculos realizados acima, foi possível concluir que o volume da célula comportará o volume de resíduos destinados em cada um dos 3 anos previstos para cada célula. Desta forma, será implantado 03 células (sequencialmente conforme ocupação do volume útil de cada – LO parcial) com as dimensões previstas no Quadro 3. No ANEXO III deste documento apresenta-se as plantas baixas da respectiva célula projetada, com maiores detalhamentos técnicos.

7.3 Sistema de impermeabilização de fundo e laterais

O dimensionamento do sistema de impermeabilização de fundo e laterais requer algumas etapas, tais como: volume necessário para revestimento mineral, conhecimento das propriedades do solo parâmetros geotécnicos, características e princípios de adoção

de qual geossintético a ser empregado. Para o projeto em si, nas laterais e fundo será adotada geomembrana PEAD 2mm, e ainda na área de fundo, solo compactado acima da geomembrana (60 cm de camada de argila com k =10^{-7} cm/s), com intuito de evitar possíveis contaminações pela geração do percolado pela decomposição dos resíduos sólidos a serem dispostos. Estes percolados gerados, serão drenados através de drenos cegos e Geotubo drenante com diâmetro de 100 mm, com direcionamento para um ponto central onde ocorrerá a sucção por bomba para encaminhamento deste percolado para tratamento na ETE.

Os cálculos seguintes são apresentados para fins de conhecimento do revestimento mineral a ser adotado na vala. A equação 5, determina a área de fundo da célula:

$$A\ fundo\ =\ Lf \times Cf \text{ (Eq.5)}$$

Onde:

A fundo = Área de fundo da célula do aterro (m²)

Lf = Largura de fundo da vala (m)

Cf = Comprimento do fundo da vala (m)

$$A\ fundo\ =\ 22{,}8m \times 22{,}8m \text{ (Eq. 5.1)}$$

$$A\ fundo\ =\ 615{,}04\ m^2 \text{ (Eq. 5.2)}$$

A determinação do volume necessário de material para compactação é determinada pela Equação 6, onde é necessário estabelecer uma espessura para a camada de material compactado, o valor utilizado foi de 60 cm conforme ressaltado anteriormente.

$$VC\ =\ Af \times t \text{ (Eq.6)}$$

Onde:

V compactado = Volume de material a ser compactado (m³)

Af = Área de fundo (m²) = 519,84 m²

t = Espessura do material compactado (m) = 0,6 m

$$V\ compactado\ =\ 615{,}04\ m^2\ \times\ 0{,}6\ m$$

$$V\ compactado\ =\ 369{,}024 m^3$$

7.4 Revestimento geossintético

Conforme orientações acerca da Diretriz Técnica da FEPAM nº 04/2017 para o Licenciamento ambiental da atividade de disposição final de resíduos sólidos urbanos, a mesma detalha a necessidade de projeto da impermeabilização inferior da célula de disposição de resíduos sólidos composta por solo compactado, espessura mínima de 60 cm e geomembrana de polietileno de alta densidade – PEAD, espessura de 2 mm.

7.5 Sistema de cobertura dos resíduos durante a operação

Apesar do estudo em questão ser um aterro de pequenas dimensões, conforme orientações da Diretriz técnica da FEPAM acerca da operação do empreendimento, visando uma melhoria no processo e no controle de variáveis geotécnicas, é prevista ocorrer assim, a cobertura intermediária com solo durante a operação do empreendimento, quando a vala chegar na metade da sua profundidade.

Com a abertura da vala, grande volume de solo será retirado, e este, será o solo de empréstimo para a realização do sistema de cobertura intermediária, o qual deverá ser realizado com uma altura de 50 cm.

7.6 Sistema de cobertura final

É previsto que a recuperação da área, seja através da implantação de vegetação rasteira após fechamento da vala, sendo que assim será utilizado como sistema de cobertura final uma camada de solo vegetal e de solo de proteção, a qual será de 0,4 m de altura. O volume de solo compactado e vegetal, que deverá ser incorporado como camada de proteção pode ser analisado na Equação 7:

$$V\ sol = AC \times HCP \text{ (Eq. 7)}$$

Onde:

V sol = Volume de solo compactado (m^3)

HCP = Altura da camada de solo (m) = 0,4m

AC = Área da célula interna para aterro, considerando a área da geomembrana (m^2) = 1340 m^2

$$V\ solo\ compactado = 1340\ m^2 \times 0{,}4m \text{ (Eq. 7.1)}$$

$$V\ solo\ compactado = 536\ m^3 \text{ (Eq. 7.2)}$$

A massa de solo a ser transportada da área de empréstimo para o sistema de cobertura de proteção pode ser analisada na Equação 8, onde:

$$MST = V\,SC \times \gamma n\,SC \text{ (Eq. 8)}$$

Onde:

MST= Massa de solo a ser transportado para o sistema de proteção (t)

V SC = Volume de solo compactado (m^3)

γn SC= Peso específico natural do solo compactado (t/m^3), (solo argiloso) - 1,65 t/m^3

$$MST = 536m^3 \times 1{,}65\,\frac{t}{m^3} \text{ (Eq. 8.1)}$$

$$MST = 884{,}4{,}1\ t \text{ (Eq. 8.2)}$$

Já o volume de solo a ser transportado, pode ser analisado na Equação 9:

$$VST = \frac{V\,SC}{\varphi} \text{ (Eq.9)}$$

Onde:

VST= volume de solo transportado (m^3)

V SC = volume de solo compactado (m^3) (536 m^3)

φ = fator de empolamento (0,6)

$$VST = \frac{536\,m^3}{0{,}6} \text{ (Eq.9.1)}$$

$$VST = 893{,}33\,m^3 \text{ (Eq.9.2)}$$

7.7 Sistema de drenagem de lixiviado

Existem alguns métodos de estimativa de vazão de percolados, sendo os mais completos os que são baseados no balanço hidrológico. Porém, esses métodos necessitam de um número grande de informações. Em aterros menores e mais simples, ou na falta de dados para aplicação dos modelos de balanço hídrico, metodologias simplificadas podem ser empregadas, sendo uma delas o Método Suíço, que estima a vazão de percolado/lixiviado de acordo com as informações presentes na Figura 6.

Figura 6: Método suíço de estimativa de vazão de percolado

$$Q = \frac{1}{t} . P.A.K$$

Q = vazão média do lixiviado (L/s);

P = precipitação média anual (mm);

A = área do aterro (m²);

t = número de segundos em um ano (s);

K = coeficiente que depende do grau de compactação dos resíduos, com valores recomendados a partir da observação experimental. Na tabela a seguir, encontram-se alguns dos valores de K.

Peso específico dos resíduos no aterro	K (não tem dimensão = adimensional)
0,4 a 0,7 t/m3 (pouco compactados)	0,25 a 0,5
> 0,7 t/m3 (bem compactados)	0,15 a 0,25

Fonte: Adaptado de ROCCA et al, 1993.

Uma vez que, a equação leva em conta a precipitação média anual em mm de chuva, fora coletado dados de séries históricas de precipitações atmosféricas de uma estação meteorológica automática localizada no município de Lagoa Vermelha/RS (estação A844), através de dados coletados junto ao INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. As séries históricas são abaixo apresentadas, conforme Quadro 4, o qual apresenta dados relativos a 05 anos, bem como, precipitações mensais e anuais acumuladas.

Quadro 4: Dados de precipitações atmosféricas

Mês /Ano	2020	2021	2022	2023	2024	
Jan	184,80	0,00	0,00	50,00	159,00	
Fev	109,20	69,80	61,80	62,00	128,20	
Mar	18,20	239,00	0,00	49,80	92,60	
Abr	44,00	13,20	0,00	75,20	168,80	
Mai	162,80	16,40	0,00	96,00	349,80	
Jun	227,20	18,40	297,20	126,00	207,80	
Jul	351,20	4,20	67,80	166,40	133,00	
Ago	91,20	22,80	132,20	64,20	87,00	
Set	116,00	205,20	59,20	321,60	120,60	
Out	40,40	134,20	167,60	399,40	197,80	
Nov	94,80	91,20	39,60	386,20	43,40	
Dez	105,60	25,80	107,20	87,20	0,00	**Média**
Total mm	1545,40	840,2	932,6	1884	1688	1378,04

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

O volume de chuvas médio relativo as séries históricas, resultou em 1378,04 mm/ano, sendo este valor utilizado nos cálculos para obter a vazão média de projeto. Com as informações da equação, pode-se calcular a vazão média de percolado pelo método suíço, apresentado na equação 10.

$$Q\ média\ = \frac{1}{\mathrm{t}} \times\ P\ \times K\ \times\ A \text{ (Eq.10)}$$

Onde:

t = segundos em um ano (s) = 31.536.000 s;

P = Precipitação média anual (mm/ano) = 1378,04 mm/ano

K = Coeficiente adimensional que depende do grau de compactação dos resíduos, com valores recomendados = 0,30

A = Área do aterro, sendo considerado a área da vala projetada (rampa + superfície), onde poderá ocorrer precipitações (m²) = 1152 m²

$$Q\ média\ =\ \frac{1}{31.536.000\ s}\ \times\ 1378{,}04\ \frac{mm}{ano}\ \times \frac{1m}{1000mm} \times 0{,}3\ x\ 1152\ m^2\ \times\ \frac{3600s}{1h} \text{(Eq. 10.1)}$$

$$Q\ média\ =\ 0{,}000015097\ m^3/s \text{ (Eq. 10.2)}$$

ou

$$Q\ média\ =\ 0{,}05435\ m^3/h$$

Será adotado para drenagem do lixiviado gerado na célula, a instalação de drenos cegos em formato de espinha de peixe na célula, com alocação de Geotubo drenante internamente dos drenos cegos preenchidos com brita nº 3, conforme plantas em ANEXO III. Para a determinação do diâmetro dos drenos cegos e do Geotubo a ser utilizado, a equação 11 se faz necessária.

$$Q\ =\ K\ \times\ i\ \times\ A \text{ (Eq. 11)}$$

Q = Vazão de projeto para a seção do dreno de lixiviado considerada (0,000015097m³/s)

i = Gradiente Hidráulico, que pode ser aproximado pela declividade do dreno no trecho (m/m), deve ficar entre 1% < i < 2% (0,01 < i < 0,02 m/m)

K = Coeficiente de permeabilidade do meio drenante adotada (m/s) = 0,45

A = Área de contribuição do aterro para o dreno considerado (m^2)

Para a determinação de K, pode ser utilizado a Figura 8 como referência, considerando brita nº 3 conforme já citado, temos o valor de K = 0,45.

Figura 7: Referência para determinar o valor de “K”

Material ou meio drenante	Permeabilidade K (m/s)
Brita n° 5 (75 - 150 mm)	1,0
Brita n° 4 (50 - 75 mm)	0,8
Brita n° 3 (38 - 50 mm)	0,45
Brita n° 2 (25 - 38 mm)	0,25
Brita n° 1 (19 - 25 mm)	0,15
Brita 0 e pedrisco (9,5 - 19 mm)	0,5
Areia grossa (4,8 - 6,3 mm)	0,01 a 10^{-3}

Isolando a área, temos:

$$A = \frac{Q}{K \times i} \ (Eq.11.1)$$

$$A = \frac{\frac{0{,}000015097 m^3}{s}}{0{,}45 \frac{m}{s} \times 0{,}01 \frac{m}{m}} \text{ (Eq. 11.2)}$$

$$A = 0{,}0035\ m^2 \text{ (Eq. 11.3)}$$

A partir da área calculada, é possível determinar o diâmetro dos drenos, utilizando a Equação 12:

$$D = \sqrt{\frac{A\ m^2 \times 4}{\pi}} \text{ (Eq. 12)}$$

Onde:

A = área de contribuição do aterro para o dreno considerado (m^2) = 0,0035 m^2

D = diâmetro dos drenos (m)

$$D = \sqrt{\frac{0{,}0035\ m^2 \times 4}{\pi}} \text{ (Eq.12.1)}$$

$$D \approx 0{,}067\ m \text{ (Eq.12.2)}$$

$$D \approx 7\ cm \text{ (Eq.12.3)}$$

Considerando um fator de segurança de 30%, o diâmetro dos Geotubos será de aproximadamente 10 cm, sendo assim será utilizado Geotubos de 100 mm de diâmetro. Os drenos cegos serão preenchidos com brita nº 03 e terão diâmetro de aproximadamente 30 cm para que os Geotubos fiquem bem instalados. Os Geotubos deverão conduzir o

percolado para um único ponto, onde ocorrerá a implantação de tubulação em concreto que receberá este percolado, e através de bomba submersa alocada internamente a este tubo, será realizado o encaminhamento deste percolado até a respectiva ETE do empreendimento, para tratamento.

Tendo a vazão de operação e a área da seção transversal, calcula-se a velocidade de escoamento, através da equação 13:

$$V = \frac{Q}{A} \text{ (Eq.13)}$$

Onde:

V = Velocidade do fluído (m/s)

Q = Vazão do fluido (m^3/s)

A = Área da seção transversal selecionada (m)

$$V = \frac{0{,}000015097\frac{m^3}{s}}{\frac{\pi \times (0{,}1m)^2}{4}} \text{ (Eq. 13.1)}$$

$$V = 0{,}0019222\,\frac{m}{s} \text{ (Eq. 13.2)}$$

De posse da velocidade, é possível calcular o número de Reynolds através da equação 14, a fim de verificar se com o sistema projetado, o escoamento se dará em regime turbulento ou fluxo laminar, sendo esse suave e organizado.

$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \text{ (Eq. 14)}$$

Onde:

Re = Adimensional de Reynolds;

ρ = Massa específica do chorume (adotado 1,01kg/m³ conforme Souza, 2018);

μ = Viscosidade do chorume (adotado à 30ºC 0,842415 cSt (ou 0,000851 Pa.s) conforme Dias et al., 2012);

D = Diâmetro do tubo adotado (0,1m);

V = Velocidade de escoamento do fluido (calculada na Eq. 13).

$$Re = \frac{\frac{1{,}01kg}{m^3} \times \frac{0{,}0019222m}{s} \times 0{,}1m}{0{,}000851Pa.s} \text{ (Eq. 14.1)}$$

$$Re = 0{,}228 \text{ (Eq. 14.2)}$$

Conforme pode ser visto, o valor de Re fica inferior a 2000, dessa forma, trata-se de um fluxo de escoamento laminar, seguro para a operação em questão.

7.8 Sistema de drenagem superficial

O sistema de drenagem superficial é dimensionado através da vazão de pico, das dimensões do canal de drenagem, e da verificação se as dimensões adotadas atendem à demanda do escoamento, ou seja, a vazão de pico. O cálculo da vazão de pico é determinado pelo método Racional, utilizando a Equação 15:

$$Q\ pico\ =\ 0{,}278 \times C \times I \times A$$

Onde:

Q pico = vazão de pico (m^3/s)

C = coeficiente de escoamento superficial, adotado 0,3 segundo DNIT (2006), para solo sem revestimento com permeabilidade moderada.

I = Intensidade da precipitação (mm/h) – Dados ANA "Hub de curvas IDF RS" para Esmeralda (165,8mm/h)

A = Área de contribuição do aterro (m^2) = 1340 m^2

$$Q\ pico\ =\ 0{,}278 \times 0{,}3 \times 0{,}0000461 \frac{m}{s} \times 1340\ m^2 \text{(Eq. 15)}$$

Q pico = 0,00515 m^3/s (Eq. 15.1)

As dimensões do canal de drenagem foram determinadas a partir da metodologia do Manual de Drenagem Urbana do DNIT (2014) sendo as dimensões para um canal, em que, altura (h) = 0,15m, largura (b) = 0,3 m, declividade de 1% (0,01m/m), a mínima. O coeficiente de Manning adotado foi de 0,025. O raio hidráulico e a velocidade de escoamento são determinados pela Equação de Manning (16):

$$RH\ =\ \frac{b \times h}{(b+2h)} \text{ (Eq. 16)}$$

Onde:

RH = Raio Hidráulico (m)

b = base do canal (m) = 0,3 m

h = altura do canal (m) = 0,15 m

$$RH = \frac{0{,}3m \times 0{,}15m}{(0{,}3m + ((2 \times 0{,}15m))} \text{ (Eq. 16.1)}$$

RH = 0,075 m (Eq. 16.2)

A velocidade de escoamento máxima que pode ocorrer é determinada pela equação 17:

$$V = \frac{1}{0{,}025} \times RH_3^2 \times i_2^1 \text{ (Eq. 17)}$$

$$V = \frac{1}{0{,}025} \times 0{,}075_3^2 \times 0{,}01_2^1 \text{ (Eq. 17.1)}$$

$$V = 0{,}7114 \frac{m}{s} \text{ (Eq. 17.2)}$$

A vazão de escoamento obtida pela Equação 18, em que relaciona a Área molhada, com a velocidade obtida.

$$Qesc = b \times h \times V \text{(Eq. 18)}$$

Onde:

b = base do canal (m) = 0,30 m

h = altura do canal (m) = 0,15 m

V = Velocidade de escoamento (m/s), obtida pela Equação 17

$$Qesc = 0{,}30m \times 0{,}15m \times 0{,}7114m/s \text{ (Eq. 18.1)}$$

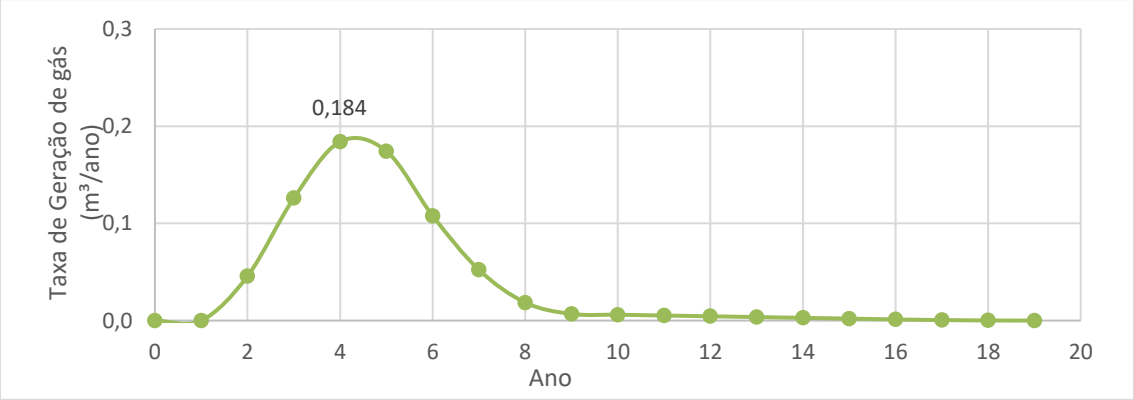
Qesc = 0,032 m³/s (Eq. 18.2)

A vazão de escoamento apresenta maior valor que a vazão de pico, Q > Q pico, assim, podemos verificar que o dimensionamento está adequado, ou seja, o canal atende a demanda da vazão.

7.9 Sistema de drenagem de gases

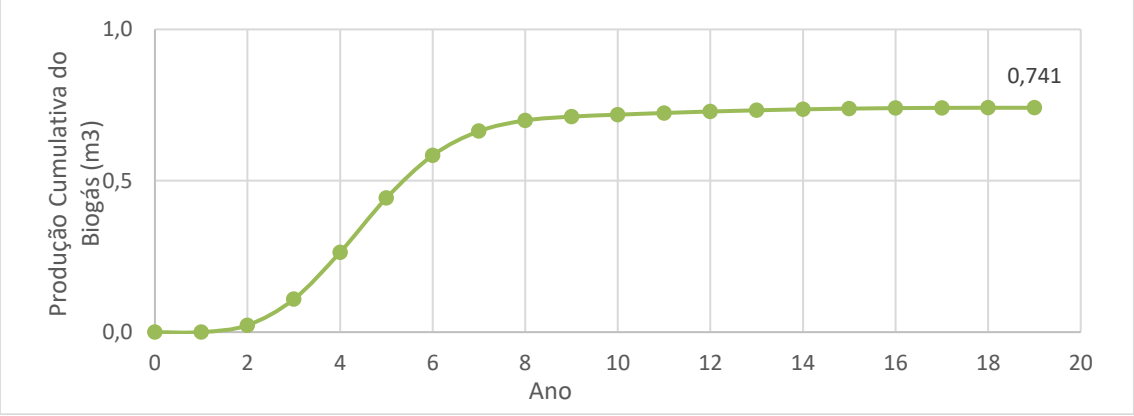
Foram realizados cálculos pela metodologia de Tchobanoglous (1993), para estimar a taxa de geração de gás por ano, e também para determinar a produção cumulativa de gás gerado, considerando a vida útil da célula de 3 anos e as 3053,22 toneladas de resíduo a serem dispostos na célula (da mesma forma que descrito anteriormente, como medida de segurança, adota-se a maior geração de resíduos, ou seja, dados para a terceira célula, ficando portanto as demais, com níveis de geração inferiores). Nas Figuras 9 e 10 podem ser observados os gráficos da taxa de produção de gás por ano e da produção cumulativa de gás.

Figura 8: Gráfico da taxa de geração de gás por ano



Fonte: Os autores, 2025

Figura 9: Gráfico da produção cumulativa de gás



Fonte: Os autores, 2025

Assim, conforme informado no gráfico da Figura 9, temos que a vazão de pico é 0,184 m³/ano/kg. A partir da vazão de pico, é possível calcular a vazão disponível, utilizando a equação 19:

$$Q\ disp\ =\ Q\ pico\ \times\ FS \text{ (Eq. 19)}$$

Onde:

Q disp = vazão disponível (m³/s) determinada utilizando a produção anual de resíduos de 3053,22 t/ano

Q pico = vazão de pico = 0,184m³/ano x kg

FS = fator de segurança = 1,5

$$Q\ disp\ =\ 0{,}184\frac{m^3}{kg\times ano}\times\frac{1\ ano}{31536000\ s}\times 3053{,}22ton\times\frac{1000kg}{1ton}\times\ 1{,}5 \text{ (Eq. 19.1)}$$

$$Q\ disp\ =\ 0{,}02672\ m^3/s \text{ (Eq. 19.2)}$$

Tendo calculado a vazão disponível, calcula-se a área de drenagem, a qual é obtida pela equação 20:

$$Ad\ =\ \frac{Q\ disp}{v} \text{ (Eq.20)}$$

Onde:

Ad = área de drenagem (m²)

Q disp = vazão disponível (m³/s) = 0,02672 m³/s

v = velocidade de ascensão (m/s) = 0,1 de acordo com ENSINAS (2003)

$$Ad\ =\ \frac{0{,}02672\frac{m^3}{s}}{0{,}1\frac{m}{s}} \text{ (Eq. 20.1)}$$

$$Ad\ =\ 0{,}2672\ m^2 \text{ (Eq.20.2)}$$

Tendo o valor da área de drenagem, o número de tubulações necessárias para o sistema de drenagem de gás é determinado pela Equação 21, em que é necessário adotar um valor de diâmetro para os drenos de gás, com base em concreto perfurado, considerando diâmetro de 600 mm, calcula-se a área da tubulação, onde:

$$At\ =\ \frac{\pi*d^2}{4} \text{ (Eq.21)}$$

At = Área da tubulação (m²)

d = Diâmetro da tubulação (m)

$$At = \frac{\pi * 0{,}6^2}{4} \text{ (Eq. 21.1)}$$

$$At = 0{,}28\, m^2 \text{ (Eq.21.2)}$$

A partir da área da tubulação, calcula-se o número de drenos necessários utilizando a Equação 22:

$$N = \frac{Ad}{At} \text{ (Eq. 22)}$$

Onde:

N = Número de drenos

Ad = Área de drenagem (m²) = 0,2672 m²

At = Área da tubulação (m²) = 0,28 m²

$$N = \frac{0{,}2672 m^2}{0{,}28 m^2} \text{ (Eq. 22.1)}$$

$$N = 0{,}954\ drenos \text{ (Eq. 22.2)}$$

Assim, a partir dos cálculos realizados, seria necessário somente um dreno, de diâmetro nominal 600 mm. Porém, como medida de prevenção, será instalado dois drenos dispostos na célula. Ainda, será necessário realizar a distribuição das tubulações em planta conectado diretamente com o sistema de drenagem de fundo e tubulação, distribuindo os demais drenos simetricamente em relação à tubulação central. Deve-se adicionar tubos de um metro de comprimento em cada dreno até o preenchimento total da trincheira. Recomenda-se que as tubulações sejam preenchidas por material granular (brita).

8 MÉTODO DE DISPOSIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

8.1 Célula de disposição

A célula/vala de disposição é o local onde os resíduos segregados na triagem, são dispostos de forma final. Tendo a função de acomodar os resíduos de forma que os mesmos fiquem isolados adequadamente, para que não causem problemas relacionados à contaminação do solo ou das águas.

Para a disposição dos resíduos deste projeto, adotou-se o método de vala (abaixo do nível do terreno). O método consiste na escavação de vala especialmente projetada para que essa disposição ocorra perfeitamente. Devido à facilidade de construção e operação do método para o caso em questão (“pouca” quantidade de resíduo a ser aterrada, área relativamente pequena de escavação gerando baixos custos, relevo e nível freático favorável), bem como, devido conhecimento das valas já fechadas na área do empreendimento, o modelo da vala foi escolhido para o projeto, além do qual, essa metodologia é altamente recomendada para municípios com geração diária de até cinco toneladas por dia.

A célula projetada neste empreendimento, terá a dimensão conforme apresentado em ANEXO III ao presente documento. O layout do aterro contém os seguintes elementos: estradas de acesso; pavilhão de triagem; pavilhão de armazenamento dos materiais volumosos e recicláveis, a serem vendidos e/ou destinados corretamente; área do aterro (células); área da ETE; área de estoque de material de cobertura; poços de monitoramento e cercamento. O solo de empréstimo, que será aquele resultante da escavação já mencionada, terá seu depósito próximo a célula. Há no empreendimento poços de monitoramento ambiental das águas subterrâneas, com objetivo de verificação de possíveis impactos. A principal via de acesso ao aterro é a estrada geral que liga o município de Esmeralda/RS a Pinhal da Serra/RS.

8.2 Sistema de impermeabilização de fundo e laterais

O sistema de impermeabilização em aterros sanitários objetiva impedir a infiltração no solo do chorume e visa a proteção das águas subterrâneas para com as substâncias tóxicas presentes no mesmo, poluente este proveniente da decomposição da massa de resíduos e dos líquidos percolados vindos da infiltração de água da chuva sobre o corpo do aterro. Primeiramente, será realizada a abertura da vala nas condições projetadas. Para a impermeabilização da base da vala, após sua abertura e retirada do solo,

é indicado haver a compactação do solo, preferencialmente com equipamentos adequados para a situação.

Após, deverá haver a instalação de geomembrana sintética PEAD, com espessura mínima de 2 mm. Posteriormente a instalação da geomembrana, deverá ser feita a implantação de solo compactado numa espessura mínima de 0,60 m, sendo que essa área de fundo da célula é de aproximadamente 615 m².

A mesma geomembrana sintética a ser utilizada para impermeabilização de fundo da vala, deverá ser a de impermeabilização das laterais. O ancoramento da geomembrana na parte superior dos taludes das células será feito em trincheiras com seção quadrada. Estas trincheiras de ancoragem terão 0,60 m de base, 0,40 m de profundidade e estarão afastadas cerca de 1,00 m em relação à altura máxima do talude (H ancoramento). O "reaterro" destas trincheiras de ancoramento será realizado com o próprio material retirado quando da escavação da trincheira, devidamente compactado, e as mesmas abrigarão a geomembrana na espessura mínima de 2mm.

8.3 Sistema de cobertura intermediário

Durante a fase de operação do aterro sanitário é essencial que seja executado o processo de cobertura intermediária. Ela deve ser feita com uma camada de solo ou com algum material inerte, e deve ter espessura adotada neste projeto de 0,50 metros, previsto na metade da profundidade da célula quando o volume de resíduos atingir a mesma.

Este sistema, irá contribuir para algum uso futuro da área e é essencial enquanto aterro está em operação, pois é ele o principal responsável pelo controle dos odores, da saída do biogás, dos vetores de doenças e do possível arraste de materiais pelo vento.

8.4 Sistema de cobertura final

A cobertura final é o sistema de cobertura do aterro sanitário que é realizado na fase de encerramento do mesmo. Ela tem por objetivo evitar a infiltração de águas pluviais, que resulta em um aumento do volume de lixiviado, e no vazamento dos gases gerados na degradação da matéria orgânica. Para diminuir a condutividade hidráulica ou para o caso de querer-se uma camada impermeabilizada pode optar-se por uma mistura entre argila e material granulado compactado, resultando em uma menor contração e em menos rachaduras. Aconselha-se ainda, para essa última questão, o uso de geomembranas. O sistema de cobertura final favorece ainda a recuperação final da área, possibilitando o crescimento da vegetação, por exemplo, sem que haja qualquer contato

exterior com os resíduos, que neste caso, é projeto o plantio de vegetações rasteiras para o local.

Logo, uma vez esgotada a capacidade da plataforma do aterro, procede-se a essa cobertura final, com alguns materiais como os já citados postos em uma camada – que varia geralmente entre 0,40 e 0,80 m. Após o recobrimento deve-se proceder ao plantio de gramíneas, de forma a protegê-los contra a erosão. No caso da cobertura final de uma célula não há uma preocupação tão grande com erosões, mas é eficaz e indispensável à plantação de vegetação rasteira.

Para o presente projeto, o sistema de cobertura pode ser considerado simples, pois trata-se de um aterro em vala, que não irá modificar drasticamente a topografia original do terreno. Haverá então uma facilidade na colocação da camada de solo (orgânico). Esta camada de solo a ser implantado, será de 0,40 m, onde acima da mesma pretende-se o plantio de gramíneas conforme detalhado.

Os cálculos para obtenção de parâmetros relativos ao sistema de cobertura que será utilizado estão no Memorial Técnico. Assim como para o sistema de cobertura intermediária, foi indispensável o conhecimento sobre as características geotécnicas sobre o resíduo e sobre o material de cobertura, onde foi considerado como sendo o solo da escavação. O sistema de cobertura final é composto pelos subsistemas de drenagem de gases e lixiviado e águas superficiais, descritos subsequentemente.

8.5 Sistemas de drenagem de águas superficiais

As águas provenientes da precipitação direta sobre o aterro, bem como as do escoamento superficial das áreas circundantes, tendem a percolar através da massa de resíduos, carregando poluentes que, juntamente com o chorume oriundo da decomposição do lixo, constituem um material de alta carga poluidora. Este líquido é semelhante ao esgoto doméstico, entretanto, com uma concentração ainda mais elevada, sendo caracterizado por apresentar mau cheiro, cor escura e elevada $DBO_{5.}$

Para os aterros sanitários são propostos dois sistemas de drenagem: superficial (na camada mais superior das células) e subsuperficial (no fundo das células). Juntamente com elementos de filtração, ambos os mecanismos são utilizados nos sistemas primários e secundários de coleta e remoção de lixiviados e nos sistemas de coleta e remoção de águas superficiais.

Para a célula em estudo, projeta-se o sistema de drenagem de águas pluviais através da implantação de tubulação meia seção, com diâmetro de 0,30 m, em que, a mesma ficará distante 1,0 m da vala de ancoramento da geomembrana.

Esse sistema de drenagem, é projetado em todo entorno da célula do aterro, de forma a captar toda a água de escoamento superficial, evitando seu contato com os resíduos sólidos ali dispostos. Projeta-se sua destinação para área de lavoura, onde essa água poderá infiltrar.

8.6 Sistema de drenagem de lixiviado

O lixiviado é toda a água que percola por entre a massa de resíduos, proveniente da água da chuva que ingressa no aterro e que se junta ao chorume formado pela decomposição dos resíduos. Este líquido deverá ser encaminho a um sistema de tratamento. O sistema de drenagem de lixiviado é composto basicamente por tubos drenantes chamados de Geotubos e do meio drenante em torno do Geotubo (brita nº 3). Esses componentes ficarão sobre sistema de impermeabilização de fundo, não se estendendo sobre os taludes.

Os Geotubos têm como função garantir um rápido escoamento do excesso de água infiltrada no aterro, neste caso será utilizado Geotubo drenante de diâmetro 100 mm, determinado pelos cálculos apresentados neste documento. Através de seus orifícios, é possibilitado a penetração do líquido no interior do tubo, permitindo um escoamento rápido e evitando que o excesso de líquido danifique o aterro. São super-resistentes de acordo com os catálogos, fabricados em PEAD. Externamente ao sistema de impermeabilização, os Geotubos drenam as águas de infiltração, aliviando o empuxo hidrostático sobre o aterro. Na Figura 11 é possível ver o modelo de Geotubo projetado para o aterro.

Figura 10: Modelo de Geotubo sujerido



Para o colchão drenante, adotou-se o uso de britas nº 3 numa largura de 0,30 m x 0,30 m de profundidade, as quais serão alocadas sob o solo compactado do fundo da célula.

Todos Geotubos e colchões drenantes, serão executados no modelo espinha de peixe, com inclinação de 1% que direcionará o percolado para um único ponto, onde será instalado um ponto de coleta do lixiviado, e ali internamente a este, uma bomba de recalque para conduzir o líquido para a ETE.

8.7 Sistema de drenagem de gás

A decomposição do lixo confinado nos aterros sanitários produz gases, entre eles o gás carbônico (CO_2) e o metano (CH_4), o qual é inflamável. Os gases, sob certas condições, podem se infiltrar no subsolo e causar problemas. Por exemplo, no caso do metano, este poderá formar com o ar uma mistura explosiva em concentrações entre 5 a 15%.

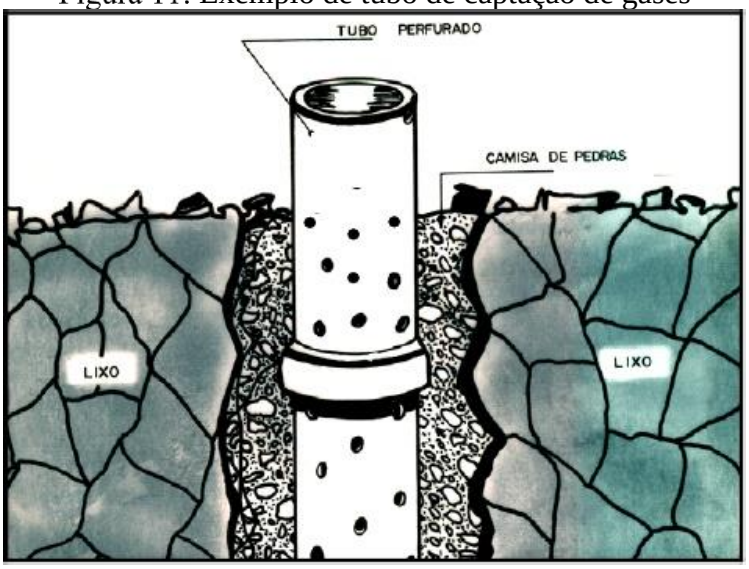
O controle da geração e migração desses gases é realizado através de um sistema de drenagem constituído por drenos verticais instalados em diferentes pontos do aterro, sendo que os drenos verticais devem ficar conectados com os drenos de lixiviados instalados na base do aterro. Estes drenos são formados pela superposição de tubos perfurados de concreto, que atravessam verticalmente toda a célula, desde o solo de fundo até a camada superior, como se fossem chaminés. Recomenda-se a instalação dos drenos a cada 50 - 100 m, sendo que nas extremidades podem ser instalados queimadores de gases, com a finalidade de evitar maus odores e até controlar as emissões de poluentes atmosféricos.

Vale citar que a ação específica do metano é muitas vezes mais intensa do que a do CO_2. Daí surge o interesse específico para a implantação de projetos que evitem a

dispersão do CH_4 no meio ambiente, ou mesmo a redução dessa emissão pela captação adequada para a combustão ou tratamento adequado para seu aproveitamento energético.

O uso de Geotubos permite o alívio das pressões dos gases gerados sobre o sistema de impermeabilização, além de drenar o chorume produzido pelos resíduos. Na Figura 12 é possível observar um exemplo de como é a tubulação para a drenagem dos gases. Nota-se que são tubos perfurados que podem ser de concreto ou PVC e podem ser revestidos por uma camisa de brita.

Figura 11: Exemplo de tubo de captação de gases



Fonte: Santos, 2017

A geração de gases ocorre normalmente após o fechamento da célula, pois é devido a esse fechamento que os microrganismos anaeróbios (formadores de ácidos) começam a se desenvolver. Depois disso, tem-se que o restante dos microrganismos aeróbios conjuntamente com os anaeróbios, passam a quebrar as cadeias dos compostos orgânicos, originando ácidos orgânicos e CO_2 (cerca de 90% do CO_2 total), acabando o oxigênio local, só irão restar os microrganismos anaeróbios que, utilizando os ácidos orgânicos, irão formar um pouco mais de CO_2, H_2O e o metano. O metano produzido, inicialmente, não estará sendo gerado em um nível tão elevado, mas ao longo do tempo com a diminuição do CO_2, a quantidade dele irá aumentar e o pico de gás metano ocorre por volta do terceiro ano após o fechamento da célula, e irá vagarosamente decrescendo ao longo do tempo até que não haja mais compostos para serem degradados, conforme pode ser observado na Figura 9, a qual demonstra o comportamento da geração de gás.

Para o presente estudo, projeta-se a implantação de 02 drenos de gases, de concreto com diâmetro de 0,6 metros, possuindo perfurações onde ocorra a entrada dos

gases nos mesmos, instalados distantes um do outro em 26 metros, estando ambos próximos aos vértices da célula, de forma a distribuir assim a possibilidade de evacuação destes gases a serem gerados, conforme plantas em ANEXO III.

8.8 Sistema de tratamento de lixiviado

O empreendimento já possui um sistema de tratamento de lixiviado na atual célula em operação, o qual atualmente está implantado na área e será adotado da mesma forma na célula nova projetada. A captação do lixiviado será através de bomba de recalque a ser instalada internamente ao ponto de coleta de lixiviado na célula projetada.

8.9 Plano e Atividades de Implantação

Uma vez que o aterro sanitário em estudo já possui toda infraestrutura necessária, levando em conta banheiros, vestuários, galpões de triagem, sistema de tratamento de efluente o qual será melhorado, etc, o objetivo deste plano diz respeito à fase em que haverá a construção da célula, dos sistemas de drenagem superficial, de lixiviado e de gases, da impermeabilização de fundo e demais necessidades de ajustes para a área.

8.10 Preparo e isolamento da área do aterro

Inicialmente, a execução de uma terraplanagem local deve-se ser realizada, a fim de poder-se trabalhar em nível. Não somente nivelar a área, como também uma limpeza local e isolamento da mesma deverá ser realizada.

Á área do aterro em si, deverá ser mantida isolada para evitar a entrada de animais, deve haver uma entrada principal, a qual já é existente, e deve ser mantida em ótimas condições para o tráfego de veículos pesados.

8.11 Cercamento e cortinamento vegetal

O cercamento da área é imprescindível para a manutenção da ordem e para o bom funcionamento na realização das obras e na operação do aterro em geral. Este cercamento envolve a entrada principal, já existente, que deve estar muito bem vigiada, além de uma cerca instalada ao redor de toda a área do aterro sanitário, como é existente atualmente na área. O cercamento, aliado ao controle da entrada principal de acesso ao aterro, tem como principais objetivos: dificultar a entrada de animais, de pessoas e veículos não autorizados, reter papéis, plásticos e outros materiais que podem ser carregados pelo vento.

Ainda, ao redor deste cercamento, deverá ser mantido o cercamento vegetal, o qual é importante pois tem como objetivo limitar ao máximo ou impedir a visão operacional do aterro, melhorar a estética local geral e auxiliar no controle da disposição dos odores, provenientes dos processos de degradação dos resíduos, o qual também já é existente na área do empreendimento.

8.12 Vias de acessos externas e internas

A logística relacionada às vias de acesso externas e internas do aterro é outro fator determinante para a garantia de uma eficiente implementação e operação do projeto. A principal e única estrada de acesso ao aterro é a de ligação ao município de Esmeralda-Pinhal da Serra, à qual é uma estrada não asfaltada.

As vias presentes no entorno da nova vala de disposição, por exemplo, deverão suportar a passagem de veículos em quaisquer condições climáticas, uma vez que poderá ocorrer constante movimento no aterro, em virtude de chegadas de caminhões em horários diferentes, além de toda a movimentação dos maquinários que realizam as operações diárias.

8.13 Sistemas e equipamentos utilizados na fase de implantação

Os materiais necessários para a implementação dos sistemas já descritos e dimensionados deverão ser obtidos ou terceirizados. Alguns destes materiais essenciais são: geotubos, geomembranas, materiais granulares, canalizações etc. Algumas máquinas também serão indispensáveis para execução da obra e para as rotinas de operação diárias, como, trator, caminhão, retroescavadeira, etc.

8.14 Preparo de local de disposição

Uma vez que o terreno da nova vala já está de acordo com o caráter descrito anteriormente, pode-se dar início a construção da célula. Para tal, após a abertura da mesma, deverá, primeiramente, realizar-se uma compactação do solo de fundo (argiloso), com uso de equipamentos adequados, a fim de obter-se maior resistência do solo e menor permeabilidade. Feito este processo, pode-se dar início a construção dos sistemas já descritos anteriormente, tais como sistema de impermeabilização de fundo e das laterais e sistema de drenagem de lixiviado e gases. Contudo, deve-se obter atenção na introdução correta da geomembrana e também dos materiais granulares e Geotubos, conforme já especificados.

Estes são os principais fatores que irão garantir uma execução correta quanto à eficiência na disposição dos resíduos na célula, bem como nos processos de drenagem e de impermeabilização, impedindo a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

9 PLANO E ATIVIDADES DE OPERAÇÃO

As etapas necessárias à operação da vala podem ser resumidamente classificadas em: preparo da vala, implantação dos sistemas, descarga dos resíduos, espalhamento dos resíduos, compactação dos resíduos e cobertura diária dos mesmos.

A recepção dos resíduos é realizada no pavilhão de triagem e consiste na operação de inspeção preliminar, a qual deverá ser realizada com anotação respectiva do volume recebido, município, etc.

Para os resíduos que serão destinados a célula, deve-se ter total atenção em alguns requisitos. Estes deverão ser espalhados e compactados a uma altura de resíduos adotada conforme citado no memorial técnico, a fim de reduzir ao máximo o volume, favorecendo um maior e melhor acondicionamento. Este processo é indispensável, pois reduzirá também a possibilidades de recalques no aterro.

Quando a célula estiver com sua capacidade de armazenamento de resíduos esgotada, o sistema de cobertura final deverá ser realizado. Esta cobertura final deverá ser realizada conforme já especificado anteriormente, levando em conta os materiais de cobertura a serem empregados, como também suas alturas de solo mínimo.

9.1 Atividades de caráter administrativo e técnico

Para que estas etapas sejam executadas da melhor maneira possível, afim de obterem-se bons desempenhos na operação e controle do aterro, treinamentos para equipes de trabalho deverão ser executadas constantemente, para que as determinações contidas no presente projeto sejam executadas e cumpridas. Esses treinamentos deverão englobar temas relevantes à operação da vala de disposição, indo deste esclarecimento de normas para inspeção e controle de resíduos que entram no aterro, plano de descarga, preenchimento e encerramento da vala, espalhamento e compactação dos resíduos, plano de manutenção dos equipamentos, de vias de acesso, normas de segurança da área do aterro, normas relativas à segurança e saúde no trabalho. Cada qual em seu setor e meio de trabalho responsável, deverá estar ciente destas normas, para assim poder-se aplicá-las em seus devidos fins.

Deve-se manter uma relação próxima com os operadores, mantendo-lhes com total segurança dentro do seu meio de serviço, através de usos de equipamentos de segurança individual.

9.1.1 Layout da área do aterro

O Layout em si contém algumas estruturas já existentes no atual local, como por exemplo, pavilhões de triagem e de armazenamento de resíduos volumosos, células características atuais, finalizadas, estacionamentos, etc.

O processo de organização dos resíduos de entrada e disposição a vala funcionará conforme realiza-se normalmente. Ao entrar no aterro, os caminhões deverão manter um controle operacional dos resíduos de entrada, a qual deverá ser registrada em uma planilha específica. Dessa forma, ter-se-á um controle diário e mensal da quantidade de resíduos destinados a célula.

Após esta etapa, os caminhões deverão descarregar estes resíduos no galpão de triagem de resíduos, já presente no aterro, onde ali, estes serão separados de acordo com suas características. Uma parte desses resíduos será encaminhada para empresas licenciadas que realizam a reciclagem do material específico e, a parte restante, representará os rejeitos que serão destinados à célula de disposição.

A célula possuirá rampa de acesso, a qual facilitará a entrada e saída de veículos, devendo estar bem construída para que facilite as operações na célula. O material que será retirado das escavações para a construção da vala, será disposto nas proximidades para então, ser usado em diversos procedimentos e sistemas do aterro sanitário (já especificados no projeto), como no revestimento de solo que deverá ser realizado pelos operadores do aterro.

9.2 Transporte e disposição dos resíduos sólidos

O transporte dos resíduos até o aterro será realizado pelos caminhões das prefeituras de Esmeralda e Pinhal da Serra somente, conforme já ocorre atualmente, inclusive durante os mesmos turnos e horários, ou de acordo com adequações a serem realizadas conforme seus respectivos Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e/ou cronogramas das respectivas prefeituras municipais.

9.3 Tratamento, espalhamento e compactação dos resíduos sólidos

O material reciclável deverá ser segregado conforme suas características, para posteriormente ser encaminhado a empresas recicladoras licenciadas ambientalmente. O material que não for caracterizado como reciclável, deverá ser encaminhado à célula de disposição do aterro. Na célula do aterro os resíduos deverão ser espalhados com equipamentos/maquinários, a fim de obter-se um nivelamento de resíduos atendendo a altura de resíduos compactadas já previstas nos cálculos. Essa compactação deverá ser feita com equipamentos adequados, levando em conta também o número de passadas sobre o resíduo para assim, de ter-se um estado de compactação máxima e eficiente.

9.4 Material de empréstimo

O material de empréstimo para implementação dos sistemas de impermeabilização, de cobertura diária, sistema de cobertura final e ancoragem será o provindo da abertura da vala de disposição, à qual será disposto às proximidades da mesma.

9.5 Listagem de equipamentos e da mão-de-obra

Os equipamentos necessários deverão ser obtidos ou terceirizados para a implementação dos sistemas já descritos e dimensionados, como Geotubos, geomembranas, materiais granulares, canalizações, etc. Vários tipos de máquinas também serão indispensáveis para a instalação desses sistemas e pessoal capacitado para a execução.

9.6 Medidas de segurança na implantação e operação

Todos os funcionários e operadores do aterro deverão trabalhar com total segurança em seus setores, sendo que os responsáveis por dirigir determinados maquinários deverão possuir carteira de habilitação específica, de acordo com a finalidade de seu serviço e fazer o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).

9.7 Plano de encerramento da vala e cuidados posteriores

Após encerramento do recebimento de resíduos na célula de disposição, deverá ser realizado o sistema de cobertura final, já especificado na descrição dos elementos de projeto, com a plantação de gramíneas com intuito de evitar erosões a área.

Á área em si, deverá ser monitorada por um longo período de tempo após o encerramento. Entre os monitoramentos abrangidos, deverão conter: monitoramento da fase de implantação e operação, dentro destes, monitoramento de gases, de lixiviado, de efluente tratado, recalques, águas superficiais e subterrâneas.

Dentre os monitoramentos específicos, têm-se:

- Limpeza dos canais de drenagem, evitando que estes acumulem materiais sólidos que possam impedir o fluxo;
- Limpezas dá área geral, com objetivo de evitar o espalhamento de resíduos e possível dispersão dos mesmos a áreas distantes;
- Cuidados com entrada de animais no aterro;
- Avaliação da eficiência de drenagem de lixiviados;
- Avaliação do estado de cercamento dá área, com objetivo de manter as cercas em bom estado e quando necessário, realizar manutenção;
- Cuidados com possíveis erosões, sendo que estas podem vir a influenciar nos canais de drenagem;
- Cuidados com vias de acesso externas e internas, mantendo-as em bom estado de tráfego.

9.8 Sugestão de recuperação da área

Em virtude de que a localização do aterro se situa no meio rural do município, não se torna viável projetos sociais para futuros usos da área. Deste modo, a ocupação da área será destinada inicialmente ao plantio de gramíneas a fim de evitar erosões do solo superficial, garantindo uma maior estabilidade, além de uma melhor aparência.

9.9 Plano de Monitoramento

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente e, em seu artigo 9º, estabelece instrumentos como os padrões de qualidade ambiental. O monitoramento ambiental é uma medida essencial para garantir o cumprimento desses padrões, especialmente em empreendimentos potencialmente poluidores, como aterros sanitários. Além disso, legislações mais recentes, como a Lei nº 14.850/2024, que institui a Política Nacional de Qualidade do Ar, e a Lei Complementar nº 140/2011, que define a cooperação entre os entes federativos na gestão ambiental,

reforçam a importância do controle e do monitoramento contínuo das emissões e impactos ambientais desses sistemas.

A partir do momento em que o aterro iniciar seu funcionamento, tanto na parte de implantação como na fase de operação, é necessário seguir um plano de monitoramento, que termina depois de anos após o encerramento do mesmo. O plano de monitoramento de um aterro sanitário tem como objetivo, avaliar mudanças dos parâmetros que estão relacionados com a presença do mesmo naquele local, podendo ser esses, parâmetros químicos, físicos ou biológicos. Além disso, o monitoramento permite a avaliação da evolução da decomposição dos resíduos. Devem ser considerados no plano, o monitoramento de lixiviado e de águas subterrâneas, por exemplo, sendo que o monitoramento será ditado também em maior magnitude, pelas exigências do licenciamento ambiental, e conforme a licença ambiental a ser emitida pelo órgão ambiental licenciador.

10 CONCLUSÃO

O presente documento buscou apresentar de forma clara e técnica, as medidas propostas acerca do projeto das novas células de disposição de resíduos sólidos urbanos, atendendo as orientações da Diretriz Técnica FEPAM n° 04/2017, tendo em vista o Licenciamento Prévio e de Instalação para Alteração (LPIA) o empreendimento

JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073
Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073
Dados: 2025.10.17 10:59:30 -03'00'

João Vitor Mazutti
Engenheiro Ambiental CREA RS208060
Técnico em Mineração CFT 01338856073
Pós Graduado em Engenharia de Minas

JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042
Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042
Dados: 2025.10.17 13:38:37 -03'00'

Consórcio Intermunicipal Esmeralda/Pinhal da Serra
CNPJ: 04.676.444/0001-00

ANEXO I
CERTIDÃO USO DO DRONE

R. Eugênio Dametto, 91 -
São Cristóvão, Tapejara - RS,
99950-000

(54) 2014-0065
www.maxximambiental.com.br
contato@maxximambiental.com.br

Certidão de Drone

Voltar

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL
NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY

ANAC

CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO

UNMANNED AIRCRAFT INSCRIPTION CERTIFICATE - NON-RECREATIONAL

Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até **16/07/2026** salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira.

*This Inscription Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until **07/16/2026** unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.*

Operador *(Operator)*:
MAXXIM SERVIÇOS AMBIENTAIS LTDA

Documento *(document)*:
CNPJ: 17.354.808/0001-70

Cadastro feito por *(Registered by)*:
TIAGO FERNANDES TONDELLO - CPF: 010.530.290-20

O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.
Not complying with the applicable regulations may result in administrative and/or legal penalties for the transgressor.

N° do cadastro *(Register Number)*:
PP-879220210

Uso *(Purpose)*: não recreativo *(non-recreational)*
Ramo de atividade principal *(Business)*: Engenharia
Fabricante *(Maker)*: DJI
Modelo *(Model)*: Phantom 4 Pro V2.0 (WM331S)
N° de série *(Serial Number)*: 11UDJBRR720076
Peso máximo de decolagem *(MTOW)*: 1,38
Informações adicionais *(additional information)*:
USADO PARA MAPEAMENTO AMBIENTAL, SERVIÇOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL E PERÍCIA TÉCNICA. USADO EM PROPRIEDADES RURAIS E URBANAS

O detentor desta certidão de cadastro (o operador), ou aquele com quem for compartilhada sua aeronave, é considerado apto pela ANAC a realizar voos **não recreativos** no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes.

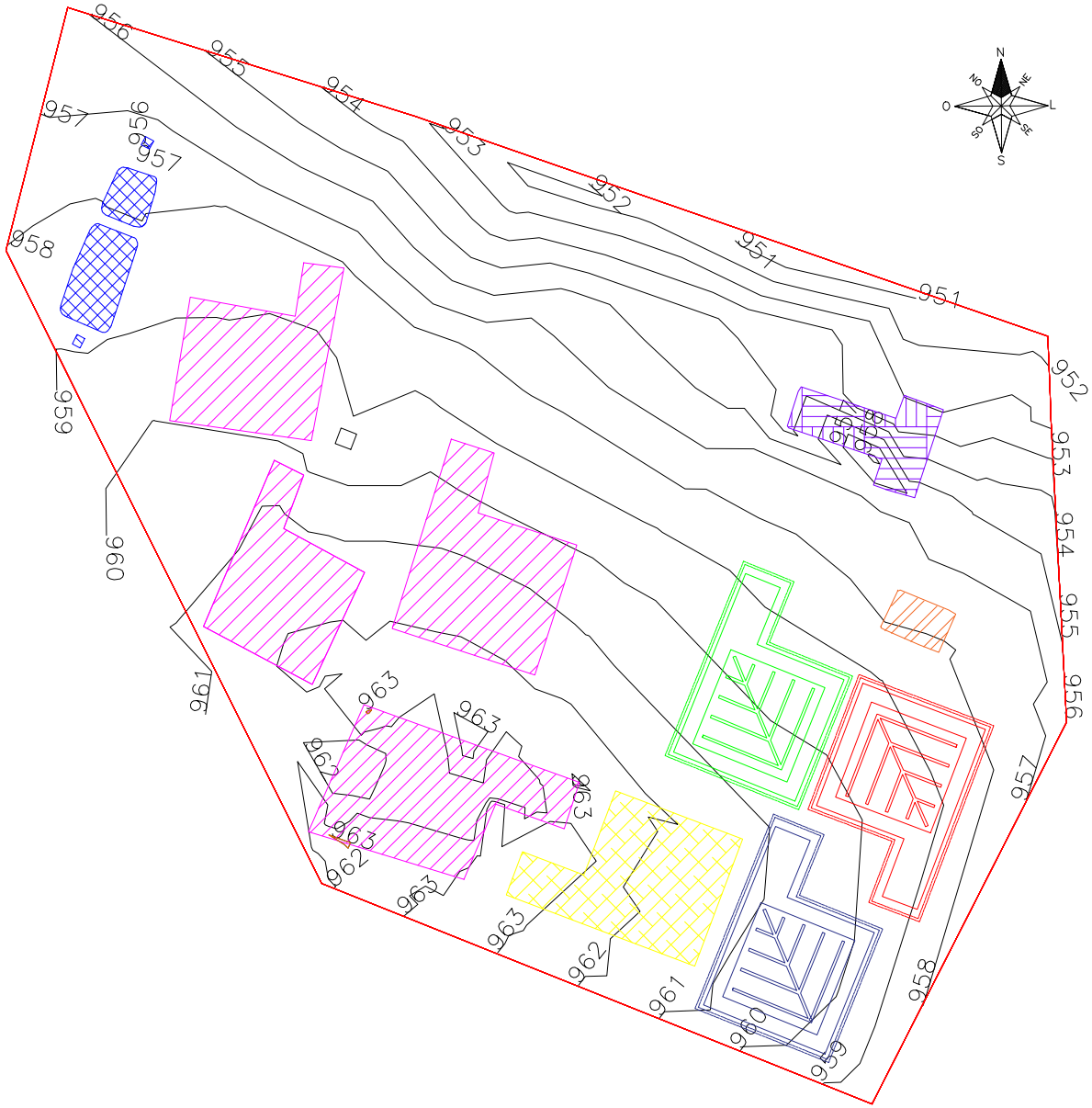
Certidão de Drone

above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities.
A validade desta certidão pode ser verificada pelo link https://santosdumont.anac.gov.br/menu/f?p=133:14
Local e data da emissão *(Place and date of issue)*: **Brasília, 13 de outubro de 2022** *Brasília, October 13, 2022*
Esta certidão de cadastro não é válida para aeronaves não tripuladas acima de 25 kg de peso máximo de decolagem, ou em voos além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés ou 120 metros acima do nível do solo (AGL). *This inscription certificate is not valid for unmanned aircraft of more than 25 kg maximum takeoff weight, or flying beyond visual line of sight (BVLOS) or over 400 feet or 120 meters above ground level (AGL).*

ANEXO II
PLANTA PLANIALTIMÉTRICA DA ÁREA EM ESTUDO

R. Eugênio Dametto, 91 -
São Cristóvão, Tapejara - RS,
99950-000

(54) 2014-0065
www.maxximambiental.com.br
contato@maxximambiental.com.br



Vértices da célula 06

P1	-27°58'36.55"S | -51°12'34.67"O
P2	-27°58'36.96"S | -51°12'33.37"O
P3	-27°58'35.91"S | -51°12'32.89"O
P4	-27°58'35.63"S | -51°12'33.62"O
P5	-27°58'35.15"S | -51°12'33.40"O
P6	-27°58'34.98"S | -51°12'33.85"O

Vértices da célula 07

P1	-27°58'35.87"S | -51°12'32.58"O
P2	-27°58'34.27"S | -51°12'33.37"O
P3	-27°58'33.89"S | -51°12'33.09"O
P4	-27°58'34.95"S | -51°12'33.54"O
P5	-27°58'35.22"S | -51°12'32.80"O
P6	-27°58'35.68"S | -51°12'33.02"O

Vértices da célula 08

P1	-27°58'34.96"S | -51°12'33.64"O
P2	-27°58'34.55"S | -51°12'34.82"O
P3	-27°58'32.99"S | -51°12'34.12"O
P4	-27°58'33.16"S | -51°12'33.66"O
P5	-27°58'33.63"S | -51°12'33.88"O
P6	-27°58'33.88"S | -51°12'33.14"O

MAXXIM AMBIENTAL Fone:(54) 2014-0065

ESPAÇO PARA CARIMBOS:

maxxim ambiental

CLIENTE:
JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042
Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 Dados: 2025.10.17 13:38:07 -03'00'
Consórcio Intermunicipal de Esmeralda/Pinhal da Serra/RS

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073
Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 Dados: 2025.10.17 10:59:55 -03'00'
ENG. AMBIENTAL JOÃO VITOR MAZUTTI
CREA RS208060

DATA: 10/2025

OPERADOR: Leonardo

PROJETO: Planta planialtimétrica e vértices das células a serem instaladas

LOCAL: RS 456, Est. Esmeralda/Pinhal da Serra

MUNICÍPIO: Esmeralda/Pinhal da Serra

ESTADO: RS

ESCALA: 1/1800 UNIDADE: m

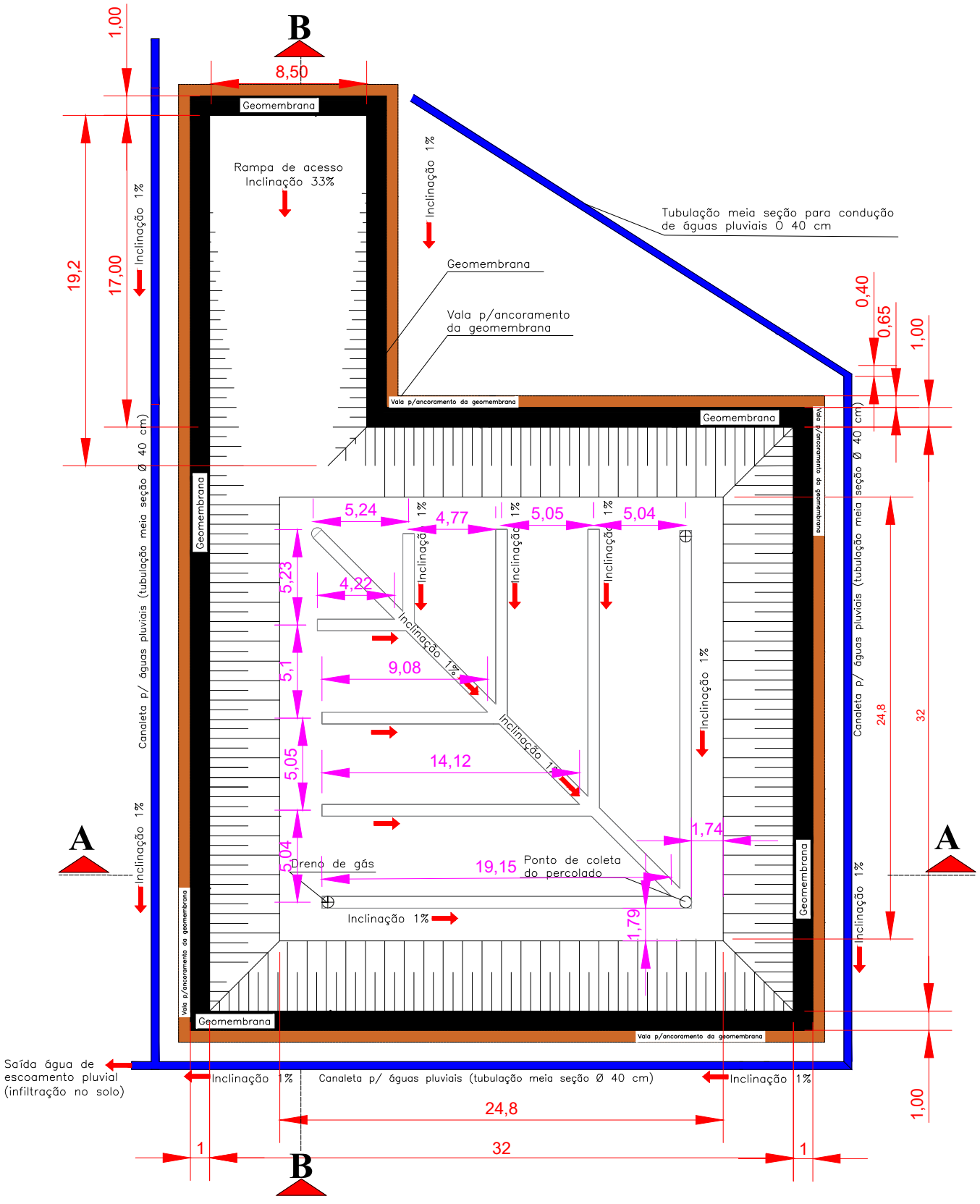
FOLHA: 2

Direitos autorais reservados Lei Federal nº 9.610 de 1998 e Resolução 1002 de 2002 do CONFEA.

ANEXO III
PLANTAS DA VALA PROJETADA E DETALHAMENTOS GERAIS

R. Eugênio Dametto, 91 -
São Cristóvão, Tapejara - RS,
99950-000

(54) 2014-0065
www.maxximambiental.com.br
contato@maxximambiental.com.br



MAXXIM AMBIENTAL Fone:(54) 2014-0065

SERVIÇO:

VISTA SUPERIOR DA VALA DE DISPOSIÇÃO

JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 Dados: 2025.10.17 13:36:02 -03'00'

Consórcio Intermunicipal de Esmeralda/Pinhal da Serra

maxxim ambiental

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 Dados: 2025.10.17 11:00:19 -03'00'
ENG. AMBIENTAL JOÃO VITOR MAZUTTI
CREA RS208060

LOCAL: RS 456, Estrada Esmeralda/Pinhal da Serra

MUNICÍPIO/UF: Esmeralda/Pinhal da Serra

FOLHA: 1

DATA: 10/2025

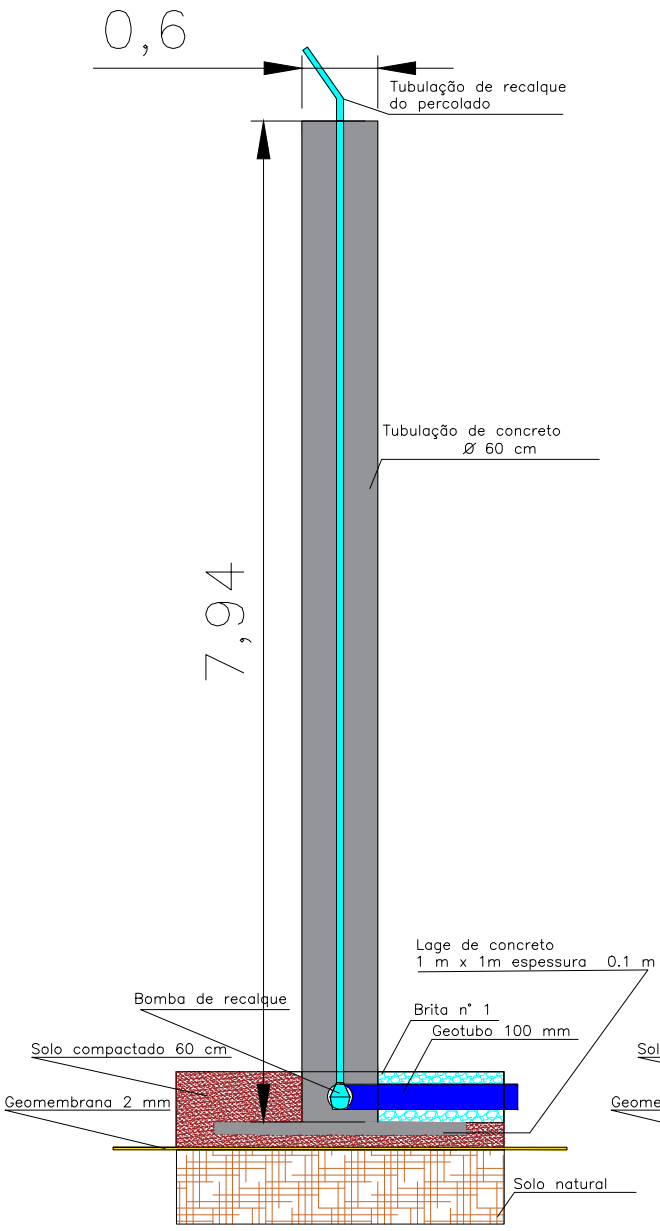
OPERADOR: LEONARDO

ESCALA: 1/300

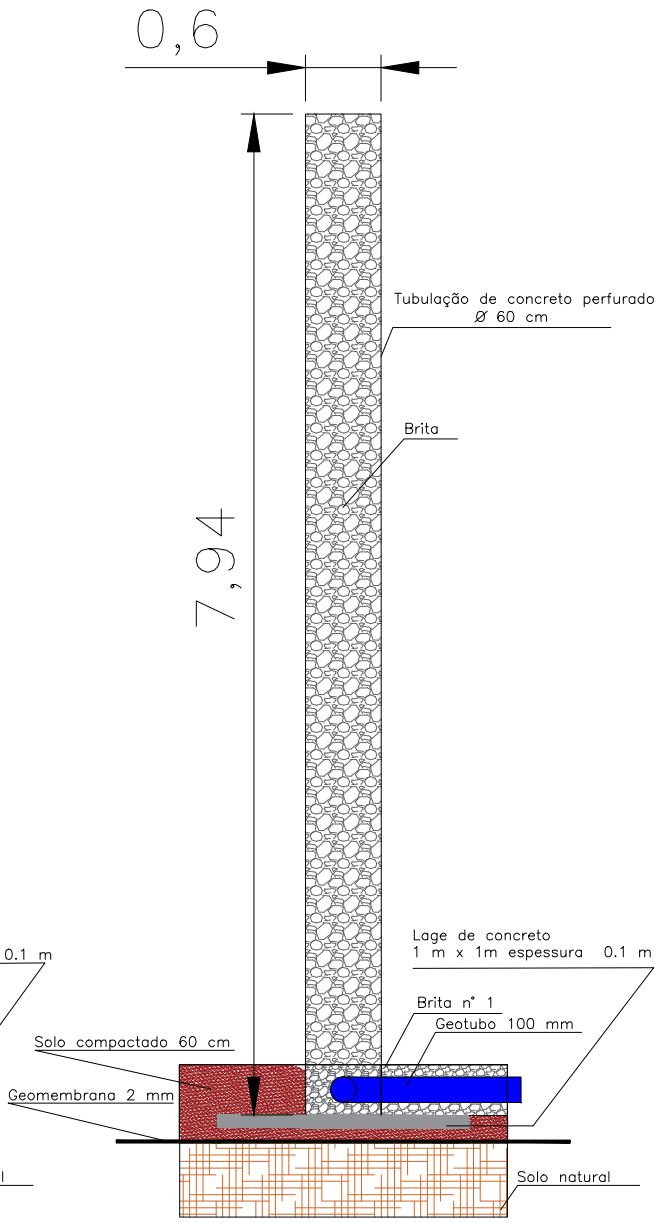
UNIDADE DE MEDIDA: METROS

Direitos autorais reservados Lei Federal nº 9.610 de 1998 e Resolução 1002 de 2002 do CONFEA.

Coleta de percolado



Dreno de gás



MAXXIM AMBIENTAL

Fone:(54) 2014-0065

SERVIÇO: Detalhamento coleta de percolado e dreno de gás

JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042

Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042
Dados: 2025.10.17 13:35:38 -03'00'

Consórcio Intermunicipal de Esmeralda/Pinhal da Serra

RESPONSÁVEL TÉCNICO: JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073

Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073
Dados: 2025.10.17 11:00:39 -03'00'

ENG. AMBIENTAL JOÃO VITOR MAZUTTI
CREA RS208060

LOCAL: RS 456. Est. Esmeralda/Pinhal da Serra

MUNICÍPIO/UF: Esmeralda/Pinhal da Serra RS

FOLHA: 2

DATA: 10/2025

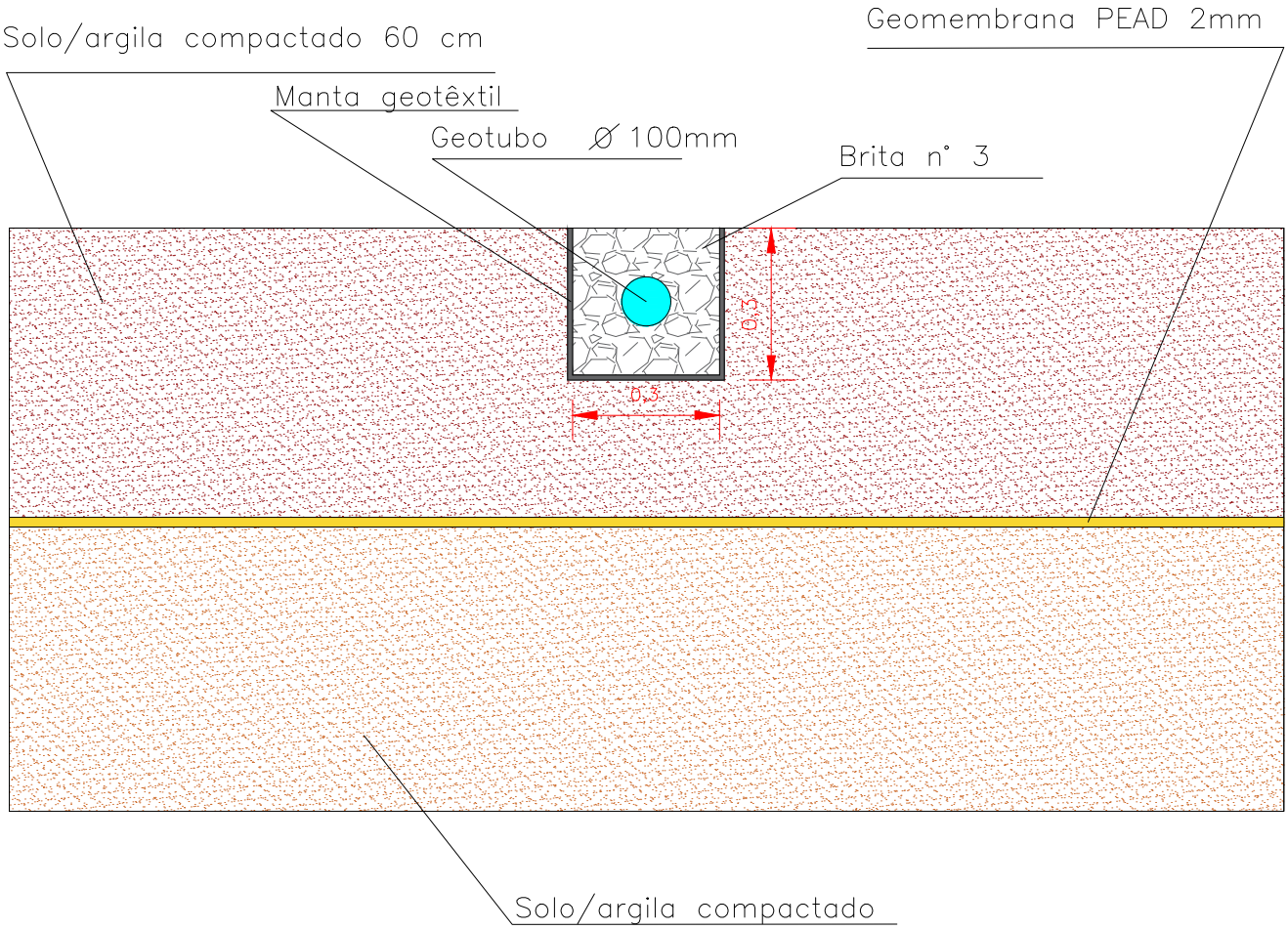
OPERADOR: Leonardo

ESCALA: 1/60

UNIDADE DE MEDIDA: METROS

Direitos autorais reservados Lei Federal nº 9.610 de 1998 e Resolução 1002 de 2002 do CONFEA.

Vista Lateral
Sistema de Drenagem de Percolado



MAXXIM AMBIENTAL Fone:(54) 2014-0065

SERVIÇO: VISTA LATERAL DA LINHA DE DRENAGEM DE PERCOLADO

JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042

Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 Dados: 2025.10.17 13:35:12 -03'00'

Consórcio Intermunicipal de Esmeralda/Pinhal da Serra

maxxim ambiental

RESPONSÁVEL TÉCNICO: JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073

Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 Dados: 2025.10.17 11:01:02 -03'00'

ENG. AMBIENTAL JOÃO VITOR MAZUTTI
CREA RS208060

LOCAL: RS 456, Est. Esmeralda/Pinhal da Serra

MUNICÍPIO/UF: Esmeralda/Pinhal da Serra - RS

FOLHA: 3

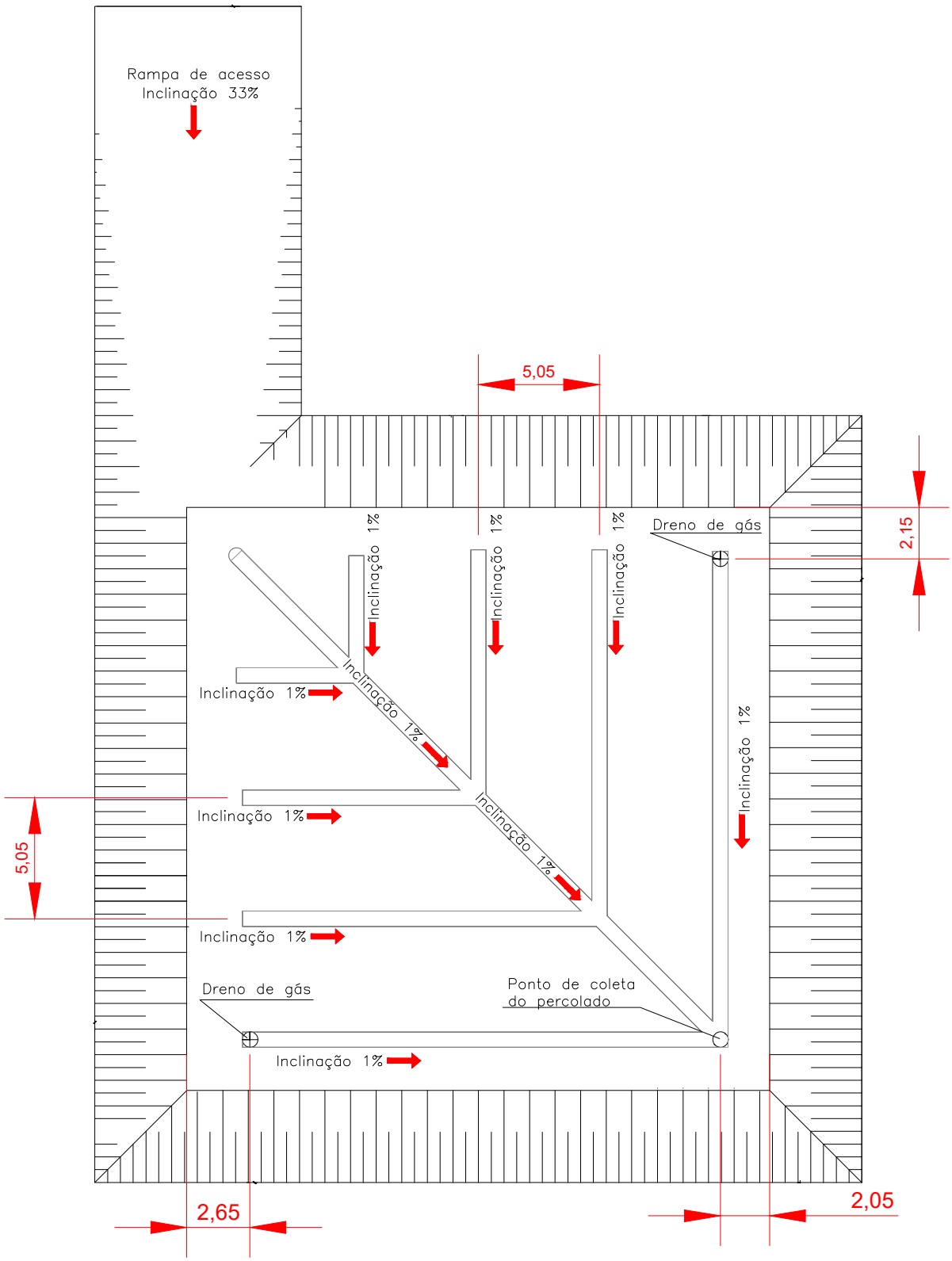
DATA: 10/2025

OPERADOR: Leonardo

ESCALA: 1/15

UNIDADE DE MEDIDA: METROS

Direitos autorais reservados Lei Federal nº 9.610 de 1998 e Resolução 1002 de 2002 do CONFEA.



MAXXIM AMBIENTAL

Fone:(54) 2014-0065

SERVIÇO:

PLANTA BAIXA SISTEMA DE DRENAGEM ISOLADO

JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042

Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042
Dados: 2025.10.17 13:34:51 -03'00'

Consórcio Intermunicipal de Esmeralda/Pinhal da Serra

maxxim ambiental

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073

Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073
Dados: 2025.10.17 11:01:22 -03'00'

ENG. AMBIENTAL JOÃO VITOR MAZUTTI
CREA RS208060

LOCAL: RS 456, Estrada Esmeralda/Pinhal da Serra

MUNICÍPIO/UF: ESMERALDA/PINHAL DA SERRA/RS

FOLHA: 4

DATA: 10/2025

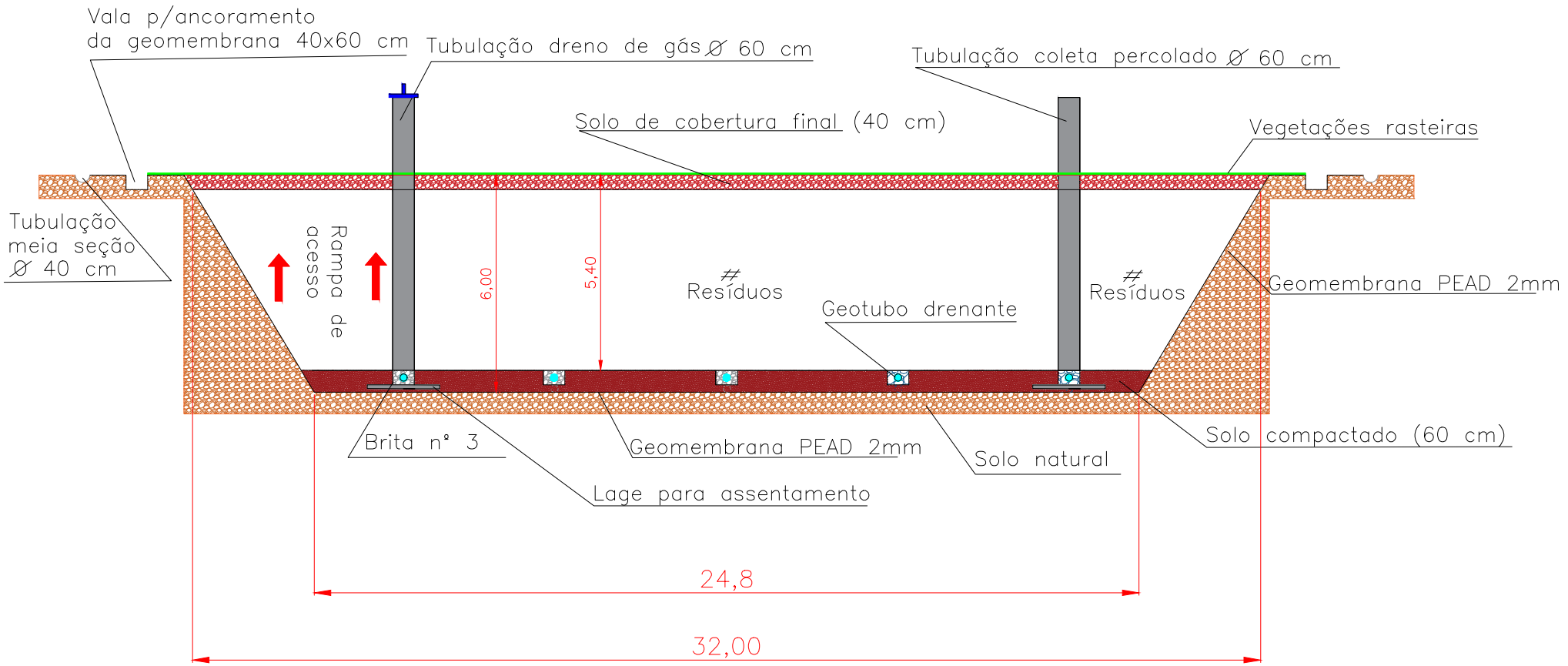
OPERADOR: LEONARDO

ESCALA: 1/250

UNIDADE DE MEDIDA: METROS

Direitos autorais reservados Lei Federal nº 9.610 de 1998 e Resolução 1002 de 2002 do CONFEA.

Vista Frontal da Vala de Disposição



MAXXIM AMBIENTAL Fone:(54) 2014-0065

ESPAÇO PARA CARIMBOS:

maxxim ambiental

CLIENTE:
JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 — Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 Dados: 2025.10.17 13:34:28 -03'00'
Consórcio Intermunicipal de Esmeralda/Pinhal da Serra

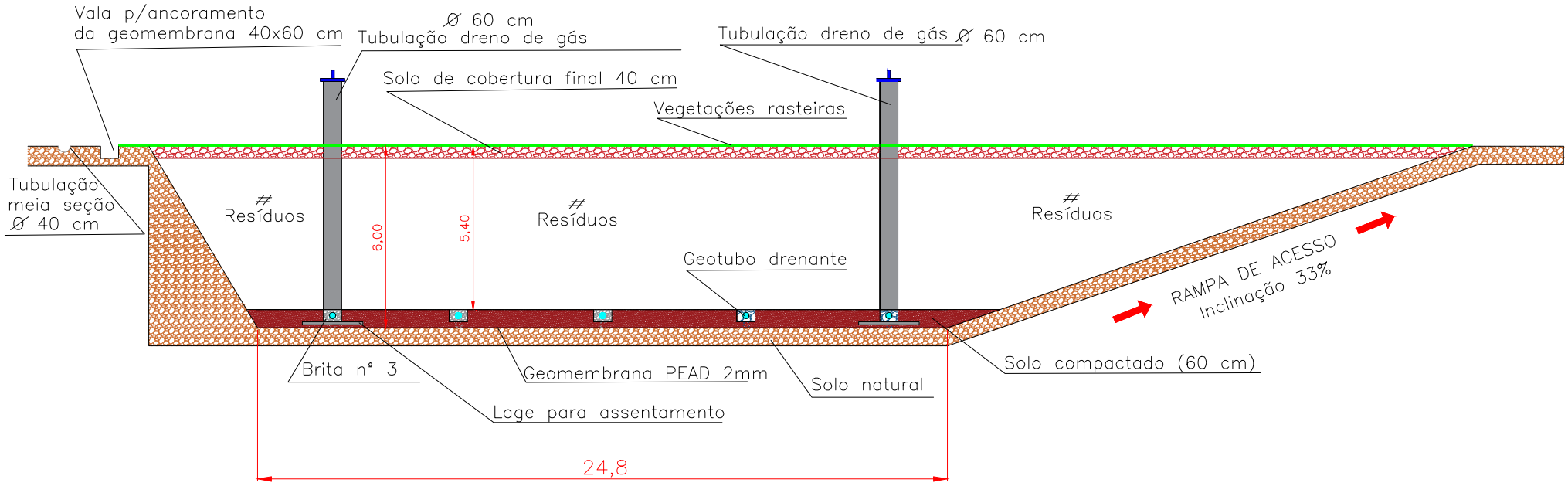
RESPONSÁVEL TÉCNICO:
JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 — Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 Dados: 2025.10.17 11:01:42 -03'00'
ENG. AMBIENTAL JOÃO VITOR MAZUTTI
CREA RS208060

DATA: 10/2025
OPERADOR: Leonardo

PROJETO: Vista frontal da vala de disposição de resíduos
LOCAL: RS 456, Est. Esmeralda/Pinhal da Serra
MUNICÍPIO: Esmeralda/Pinhal da Serra - RS
ESTADO: RS
ESCALA: 1/175
UNIDADE: m
FOLHA: 5

Direitos autorais reservados Lei Federal n° 9.610 de 1998 e Resolução 1002 de 2002 do CONFEA.

Vista Lateral da vala de Disposição



MAXXIM AMBIENTAL Fone:(54) 2014-0065

ESPAÇO PARA CARIMBOS:

maxxim ambiental

CLIENTE:
JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042
Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 Dados: 2025.10.17 13:34:07 -03'00'
Consórcio Intermunicipal de Esmeralda/Pinhal da Serra

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073
Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 Dados: 2025.10.17 11:02:03 -03'00'
ENG. AMBIENTAL JOÃO VITOR MAZUTTI
CREA RS208060

DATA: 10/2025

OPERADOR: Leonardo

PROJETO: Detalhamento lateral da vala de disposição de resíduos

LOCAL: RS 456, Est. Esmeralda/Pinhal da Serra

MUNICÍPIO: Esmeralda/Pinhal da Serra

ESTADO: RS

ESCALA: 1/210

UNIDADE: m

FOLHA: 6

Direitos autorais reservados Lei Federal n° 9.610 de 1998 e Resolução 1002 de 2002 do CONFEA.

ANEXO IV
ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

R. Eugênio Dametto, 91 -
São Cristóvão, Tapejara - RS,
99950-000

(54) 2014-0065
www.maxximambiental.com.br
contato@maxximambiental.com.br

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número
12296402

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS208060 **Profissional:** JOÃO VITOR MAZUTTI **E-mail:** joaovitormazutti@gmail.com
RNP: 2214114793 **Título:** Engenheiro Ambiental
Empresa: MAXXIM SERVIÇOS AMBIENTAIS LTDA **Nr.Reg.:** 195581

Contratante

Nome: CONSÓRCIO INTERM. ESMERALDA PINHAL DA SERRA-RS **E-mail:**
Endereço: ESTRADA ESMERALDA PINHAL, KM 12 INTERIOR **Telefone:** 54.3584.0250 **CPF/CNPJ:** 04.676.444/0001-00
Cidade: PINHAL DA SERRA **Bairro:** INTERIOR **CEP:** 95390000 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: CONSÓRCIO INTERM. ESMERALDA PINHAL DA SERRA-RS
Endereço da Obra/Serviço: Estrada ESMERALDA PINHAL, KM 12 INTERIOR **CPF/CNPJ:** 04676444000100
Cidade: PINHAL DA SERRA **Bairro:** INTERIOR **CEP:** 95390000 **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.555,00 **Honorários(R$):**
Data Início: 31/12/2022 **Prev.Fim:** 10/04/2026 **Ent.Classe:** AEAPF

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto e Execução	Meio Ambiente - Licenciamento Ambiental	1,00	UN
Projeto e Execução	Estação de Tratamento de Efluentes	1,00	UN
Monitoramento Ambiental	Gestão de Resíduos	1,00	UN
Orientação Técnica	Gestão de Resíduos	1,00	UN
Monitoramento Ambiental	Usina de Triagem de Resíduos Sólidos	1,00	UN
Monitoramento Ambiental	Estação de Tratamento de Efluentes	1,00	UN
Monitoramento Ambiental	Controle, Tratamento e Destinação de Resíduos	1,00	UN
Monitoramento Ambiental	Drenagem	1,00	UN
Consultoria	Controle Ambiental	1,00	UN
Laudo Técnico	MONITORAMENTO DE LICENÇA AMBIENTAL	1,00	UN
Monitoramento Ambiental	RESPON. TÉCNICA PROCESSO Nº 001584-0567/19-5 FEPAM	1,00	UN
Monitoramento Ambiental	RESPON. TÉCNICA PROCESSO Nº 7103-05.67.21.1 FEPAM	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 09/12/2022

	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 Assinado de forma digital por JOAO VITOR MAZUTTI:01338856073 Dados: 2025.10.17 11:02:25 -03'00'	JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 Assinado de forma digital por JOSE ROBISON RODRIGUES DUARTE:00402343042 Dados: 2025.10.17 13:33:43 -03'00'
Local e Data	JOÃO VITOR MAZUTTI	CONSÓRCIO INTERM. ESMERALDA PINHAL DA SERRA-RS
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.