



Aterro de Resíduos Não Perigosos

Projeto de Alteração

Dimensionamentos

Aterro de Resíduos Não Perigosos

Projeto de Alteração

Dimensionamentos

ÍNDICE GERAL

PEÇAS ESCRITAS

Volume I – Memória Descritiva
Volume II - Dimensionamentos

PEÇAS DESENHADAS

Volume III – Desenhos

Índice

ÍNDICE

	Pág.
1. DIMENSIONAMENTO E CÁLCULOS DAS BARREIRAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	4
1.1. Dimensionamento da Barreira de Segurança Passiva	4
1.2. Geocompósito bentonítico	5
1.3. Dimensionamento da Geomembrana	5
1.4. Dimensionamento do Geotêxtil de Proteção da Geomembrana.....	6
1.4.1. Resistência ao Punçoamento.....	6
1.4.2. Resistência à tração e ao rebentamento.....	7
1.5. Geocompósito de Drenagem.....	8
1.6. Dimensionamento da Vala de Amarração.....	9
2. DIMENSIONAMENTO E CÁLCULO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL	11
2.1. Considerações introdutórias.....	11
2.1.1. Caudais de dimensionamento	11
2.1.2. Dimensionamento dos elementos da rede de drenagem	13
2.1.3. Drenagem da fase de selagem	14
3. DIMENSIONAMENTO E CÁLCULO DAS VIAS DE CIRCULAÇÃO	16

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela I. Características do geocompósito bentonítico a utilizar no fundo e taludes das células	5
Tabela II. Características do geomembrana a utilizar no fundo e taludes das células	6
Tabela III. Características técnicas do geotêxtil de proteção da geomembrana	8
Tabela IV. Características do geocompósito de drenagem a utilizar nos taludes das células	9
Tabela V. Caudais de ponta de águas pluviais geradas na plataforma da via perimetral da célula da IIIª fase	13

Dimensionamento e Cálculos das Barreiras de Impermeabilização

1 m de espessura que o mesmo substitui, em condições de altura de líquido equivalente, que e de $1,20 \times 10^{-9}$ m/s.

1.2. Geocompósito bentonítico

Apresentam-se, na Tabela I, as características a que o geocompósito bentonítico deverá obedecer.

Tabela I. Características do geocompósito bentonítico a utilizar no fundo e taludes das células

Propriedade	Unidade	Método	Valor
Propriedade do GCB			
Massa de bentonite por unidade de área	g/m ²	UNE EN 14196	≥ 5500
Coeficiente de permeabilidade	m/s	ASTM D5887	≤ $1,5 \times 10^{-11}$
Resistência à tração DL/DT	kN/m	EN ISSO 10319	12
Bentonite			
Coeficiente de inchamento	ml/2g	ASTM D5890	25
Geotêxtil			
Massa por unidade de área (não tecido)	g/m ²	EN ISSO 9864	220

1.3. Dimensionamento da Geomembrana

Pretende-se neste ponto apresentar os cálculos de verificação da adequabilidade da espessura da geomembrana as condições de deposição.

Angulo de atrito entre a geomembrana e o geocomposito bentonítico: 8°
 Angulo dos taludes (V:H=1:2,0): 26,5 °
 Altura dos taludes (máxima): 7,5 m
 Força tangencial aplicada sobre a geomembrana: 3,3 N/mm
 Fator de segurança para geomembrana de 2 mm: 8,1
 (resistência a tração no ponto de cedência=16 N/mm²)

Em face do valor do fator de segurança considera-se aceitável a espessura considerada.

As características consideradas para a geomembrana PEAD são descritas na Tabela II.

Dimensionamento e Cálculos das Barreiras de Impermeabilização

Tabela II. Características do geomembrana a utilizar no fundo e taludes das células

Propriedade	Unidade	Método	Valor
Espessura	mm	NP 2214	2
Superfície	-	-	Lisa
Densidade	-	EN ISO 1183-1	0,95
Resistência à tração DL/DT	N/mm ²	EN ISO 10319	≥ 36
Alongamento no ponto de cedência DL/DT	%	EN ISO 10319	≥ 800
Resistência ao punçoamento estático	kN	EN ISO 12236	≥ 5,6
Resistência ao rasgamento DL/DT	N	EN ISO 34	≥ 270
Conteúdo em negro de fumo	%	-	2

DL – Direção longitudinal; DT – Direção transversal

1.4. Dimensionamento do Geotêxtil de Proteção da Geomembrana

O geotêxtil superior tem como função principal a proteção da geomembrana contra o punçoamento provocado pelos materiais que constituem a camada drenante de fundo das células e que se lhe sobrepõe. Os efeitos secundários a ter em consideração no dimensionamento do geotêxtil são, também, a resistência a tração e a resistência ao rebentamento. O cálculo de dimensionamento do material relativamente a função principal as características secundárias apresentam-se nos pontos 1.4.

1.4.1. Resistência ao Punçoamento

a) Dados de Base

Maior calibre do material que provoca a ação de punçoamento

(D90): 30 mm

Altura de resíduos acima do dreno de fundo (máxima): 25 m

Peso específico dos resíduos: 800 kgf/m²

b) Cálculos

A força aplicada sobre o geotêxtil é calculada de acordo com a fórmula proposta por Koerner, 1997, dada por:

$$F_{res} = p' d_a^2 S_1 S_2 S_3$$

Dimensionamento e Cálculos das Barreiras de Impermeabilização

em que:

F_{res} é a força de resistência a ação de puncoamento

p' é a pressão exercida sobre o geotêxtil

d_a é o calibre do objeto que causa a ação de puncoamento ($0.33D_{90}$)

S_1 , S_2 e S_3 são fatores de forma e de escala para ajustamento das condições de ensaio para as condições reais de campo, e assumem os valores de 0.33, 0.15 e 0.6 respectivamente.

Para os materiais que constituem o dreno de fundo e para as condições de deposição do aterro, obtém-se uma força exercida sobre o geotêxtil de 14,5 N.

O valor mínimo da resistência ao puncoamento do geotêxtil, considerando um fator de segurança mínimo de 2.5 e um fator de redução do valor do fabricante de 2 deverá ser:

Resistência ao puncoamento: $\geq 72,5$ N

1.4.2. Resistência à tração e ao rebentamento

a) Dados de Base

Maior calibre do material que provoca a ação de tração e de rebentamento (D_{90}): 25-30 mm

Altura de resíduos acima do dreno de fundo (máxima): 21 m

Peso específico dos resíduos: 800 kgf/m³

b) Cálculos

A resistência a tração a proporcionar pelo geotêxtil e calculada de acordo com a formulação proposta por Koerner:

$$F_{tração_{res}} = p' (d_v)^2 [f(\epsilon)]$$

A resistência ao rebentamento a proporcionar pelo geotêxtil e calculada de acordo com a formulação proposta por Koerner:

$$F_{rebentamento_{res}} = 0.5 p' (d_v) [f(\epsilon)]$$

Dimensionamento e Cálculos das Barreiras de Impermeabilização

Para os materiais que constituem o dreno de fundo e para as condições de deposição da célula de resíduos industriais não perigosos, as resistências a tração e ao rebentamento apresentam-se abaixo.

$$F_{\text{tração}_{\text{res}}} = 9,6 \text{ N}$$

$$F_{\text{rebentamento}_{\text{res}}} = 21,2 \text{ N/m}$$

Os valores mínimos da resistência a tração e ao rebentamento, considerando um fator de segurança mínimo de 2, deverão ser:

$$F_{\text{tração}_{\text{res}}} = 19 \text{ N}$$

$$F_{\text{rebentamento}_{\text{res}}} = 42 \text{ N/m}$$

O geotêxtil que se adequa as funções principais e secundárias descreve-se na Tabela III.

Tabela III. Características técnicas do geotêxtil de proteção da geomembrana

Característica	Unidade	Valor	Método de ensaio
Geotêxtil			
Polímero		PP, não tecido, agulhado	
Massa por unidade de área	G/m ²	≥ 300	ASTM D 3776
Resistência à tração na cedência	KN/m	≥ 17	ISO 10319
Alongamento no ponto de cedência	%	≥ 50	ISO 10319
Resistência ao punçoamento, CBR	N	3 300	EN 32236

Para a função principal, o fator de segurança real e de 45 considerando um fator de redução do valor dado pelo fabricante de 2, recomendado pelo mesmo autor.

1.5. Geocompósito de Drenagem

Nos taludes do aterro, o dreno será constituído por um geocompósito de drenagem, que devesse assegurar uma transmissividade mínima, de acordo com o indicado seguidamente:

Célula vazia:

- Intensidade de precipitação: 66 mm/h
(período de retorno de 10 anos e tempo de concentração de 15 min)
- Comprimento máximo dos taludes: 24 m
- Gradiente hidráulico: 0.5
- Transmissividade: $1,65 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

Dimensionamento e Cálculos das Barreiras de Impermeabilização

– Força aplicada sobre o geocomposito: 122 kPa

Célula com resíduos:

- Produção máxima de lixiviados: 45 mm/h
- Comprimento máximo dos taludes: 45 m
- Gradiente hidráulico: 0.5
- Transmissividade: $1,13 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Força aplicada sobre o geocomposito: 122 kPa

Tabela IV. Características do geocompósito de drenagem a utilizar nos taludes das células

Propriedade	Unidade	Método	Valor
Tipo de produto	-	-	Geocompósito de drenagem com geotêxtil em ambas as faces
Material - Georede	-	-	PEAD
Material - Geotêxtil	-	-	PP
Espessura (@ 2 kPa)	mm	EN ISO 9863-1	≥ 6
Resistência à tração, longitudinal	kN/m	EN ISO 10319	≥ 16
Caudal drenado, sentido longitudinal l=1 @ 20 kPa	m ² /s	EN ISO 12958	≥ $1,75 \times 10^{-3}$
Geotêxtil, resistência à tração (DL/DT)	kN/m	EN ISO 10319	≥ 10
Geotêxtil, resistência ao punçoamento	N	EN ISO 12236	≥ 1300
Permeabilidade à água	l/m ² .s	EN ISO 11058	≥ 90

DL – Direção longitudinal; DT – Direção transversal

1.6. Dimensionamento da Vala de Amarração

No dimensionamento da vala de amarração, utilizou-se a aproximação desenvolvida por Bagchi, A. 1993, onde o fundamento do dimensionamento consiste em estabelecer um balanço de forças ao sistema resíduos/impermeabilização/solo, e tendo em conta que são as tensões de corte entre os vários materiais constituintes do sistema de impermeabilização que resistem ao escorregamento da geomembrana.

Os dados de base utilizados no dimensionamento foram:

H (altura de resíduos) = 15 m

α (ângulo do talude) = 26,5°

ψ (ângulo de atrito entre os materiais que constituem o sistema de impermeabilização)

Geocomposito de drenagem/geomembrana = 8°

Dimensionamento e Cálculos das Barreiras de Impermeabilização

Geomembrana/geocomposito bentonítico = 8^o

Geocomposito bentonítico/solo (argila) = 30^o

γ_r densidade dos resíduos = 8,00 KN/m³

FS Fator de Segurança mínimo = 2.0

Nestas condições, as dimensões da vala de amarração são:

- . Profundidade: 0.6 m (considera-se 0,80 m)
- . Largura: 0.5 m (considera-se 0,80 m)
- . Distancia entre a crista do talude
e a vala de amarração: 0.90 m

Dimensionamento e Cálculo dos Sistemas de Drenagem Pluvial

2. DIMENSIONAMENTO E CÁLCULO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL

2.1. Considerações introdutórias

2.1.1. Caudais de dimensionamento

Para estimar os caudais de ponta de cheia, optou-se pela aplicação do método racional, atendendo as características e dimensões da bacia intercetada pela obra em projeto.

Utilizou-se a formulação do método racional para estimar os caudais de ponta.

De acordo com esta formulação, o caudal de ponta (Q_p) pode calcular-se através da seguinte relação:

$$Q_p = CiA$$

em que **C**, é o coeficiente de escoamento, adimensional, **i** a intensidade de precipitação média, correspondente a máxima precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia, para o período de retorno pretendido, e **A**, a área total da bacia ou plataforma.

O coeficiente de escoamento depende das características e condições de infiltração do solo, da intensidade de precipitação, do declive da bacia (ou plataforma) e do período de retorno, entre os principais.

Foi considerado um coeficiente de escoamento de 0,9 para as plataformas consideradas.

Considerou-se um período de retorno de 10 anos, em conformidade com as recomendações do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto-Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto), para drenagens longitudinais.

Ensaíram-se, igualmente, períodos de retorno de 100 anos, para o sistema de drenagem longitudinal da via perimetral da célula da Fase III.

Foram considerados tempos de concentração de 10 minutos, atendendo a extensão dos elementos a projetar e da sua morfologia.

Dimensionamento e Cálculo dos Sistemas de Drenagem Pluvial

O valor da intensidade de precipitação para um dado período de retorno foi estimado a partir das curvas I-D-F. Estas curvas são do tipo exponencial e são dadas pela expressão seguinte:

$$I = a_1 \cdot t^{a_2} \text{ (mm/h)}$$

Em que:

I - intensidade de precipitação para uma dada duração e determinado período de retorno (mm/h);

t - duração da chuvada (min);

a₁, a₂ - parâmetros que dependem do período de retorno.

Os parâmetros a₁ e a₂ tem os seguintes valores para a região em estudo e períodos de retorno de 5, 10 e 100 anos:

T = 5 anos => a₁ = 259,26; a₂ = - 0,562;

T = 10 anos => a₁ = 290,68; a₂ = - 0,549;

T = 100 anos => a₁ = 365,62; a₂ = - 0,508.

A determinação da capacidade de transporte dos coletores, para um escoamento em superfície livre, foi feita usando a equação de Manning-Strickler:

$$Q = K_s S R_h^{2/3} i^{1/2}$$

Em que:

Q - caudal (m³/s);

K_s - coeficiente de rugosidade de Manning (m^{1/3}/s);

R_h - raio hidráulico da secção molhada (m);

i - inclinação do órgão de condução (m/m);

S - secção molhada (m²).

Os coeficientes de rugosidade de Manning adotados foram de K_s=75 m^{1/3}/s e K_s=100 m^{1/3}/s, valores característicos para tubos em betão e plástico, respetivamente.

No Quadro 14 apresentam-se os caudais de ponta das drenagens longitudinais geradas na plataforma pavimentada da via perimetral da célula da III^a fase, considerando períodos de retorno de 10 e 100 anos, um coeficiente de escoamento de 0,9 e uma duração de chuvada de 10 minutos. Consideram-se os trocos Oeste e Este, confluindo numa caixa sumidoura a localizar no extremo SE da referida via perimetral (ver desenho C-120-03-01).

Dimensionamento e Cálculo dos Sistemas de Drenagem Pluvial

Tabela V. Caudais de ponta de águas pluviais geradas na plataforma da via perimetral da célula da IIIª fase

TROÇO	Área (m ²)	Caudal de ponta (m ³ /s)	
		PR=10 anos	PR=100 anos
Troco Oeste	3311	0.045	0.063
Troco Este	2331	0.032	0.044

Considera-se que a drenagem longitudinal dos caudais assim gerados será feita por valetas de plataforma, revestidas em betão, com perfil triangular, abertura de 0,75 m e altura de 0,15 m.

Para as inclinações a estabelecer no troco oeste - 1,3% - e no troco este - 0,74% -, as capacidades de vazão são, respetivamente, de 0,135 m³/s e 0,101 m³/s, valores melhores que os caudais de ponta para períodos de retorno de 100 anos indicados no Quadro 14.

2.1.2. Dimensionamento dos elementos da rede de drenagem

2.1.2.1. Valetas

Na área de intervenção foram analisadas e determinadas as áreas contribuintes para os diversos órgãos hidráulicos, afetadas do seu respetivo coeficiente de escoamento, por forma a obter-se o caudal a escoar para a intensidade de precipitação de projeto. Este caudal foi posteriormente comparado com a capacidade de transporte do elemento em estudo, com base na equação de Manning-Strickler, para um coeficiente de 75 m^{1/3}/s (betão).

a) Valetas de plataforma

Ao longo do intradorso da via perimetral da célula de deposição de resíduos foi implantada uma valeta, destinada a recolher as águas provenientes da plataforma da via, que tem inclinação para o seu intradorso. Esta valeta desenvolve-se sobre a vala de amarração da célula.

As valetas adotadas neste projeto são em betão, tem uma secção triangular com 0,75 m de largura útil e uma altura de fundo de 0,15 m, tendo a inclinação de 1:3 (V:H) no lado contíguo a berma e de 1:2 (V:H) no lado que se prolonga para o interior da célula.

Dimensionamento e Cálculo dos Sistemas de Drenagem Pluvial

2.1.2.2. Coletores

Os coletores têm como função proporcionar a interligação de alguns órgãos de drenagem, bem como transportar e restituir os caudais coletados, constituindo assim a base da rede de drenagem.

A determinação da capacidade de transporte dos coletores, para um escoamento em superfície livre, foi feita usando a equação de Manning-Strickler, conforme formulação exposta no capítulo 2.1.1 deste relatório.

Os coeficientes de rugosidade de Manning adotados foram de $K_s=100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, valores característicos para tubos em plástico.

Os coletores previstos neste projeto são em PEAD, para diâmetros nominais de 400 mm.

No Quadro do desenho C-120-03-01 apresentam-se as características das caixas e coletores do emissário da rede de drenagem de águas pluviais do aterro.

2.1.2.3. Caixas de visita

As caixas de visita têm como função possibilitar a inspeção e, eventualmente, a desobstrução do sistema de drenagem, proporcionando também as necessárias ligações do sistema.

Normalmente não se excedeu a distância de 60 m entre caixas de visita e limpeza.

No ponto onde confluem as valetas de plataforma da via perimetral da célula de deposição de resíduos, e instalada uma caixa sumidoura, de plataforma, em betão (CVS01), de dimensão interior 1,0x1,0x1,0 m, com rasgos nas interceções da valeta de plataforma, e tampa em betão.

No emissário de drenagem de águas pluviais, são instaladas caixas de visita e mudança de direção, de diâmetro interior 1 m, em betão, sem queda, com anéis pré-fabricados e tampa metálica, classe D400, e respetivos aros, em ferro fundido (ver desenho).

2.1.3. Drenagem da fase de selagem

Na fase de selagem há a considerar a drenagem superficial das águas pluviais que se infiltram na cobertura de terras e que são retidas pela camada impermeável de encerramento.

Dimensionamento e Cálculo dos Sistemas de Drenagem Pluvial

Esta última fração da precipitação será conduzida, ao longo do plano de selagem, pela camada mineral de drenagem, sendo o caudal drenado descarregado em dreno-coletor, a instalar no pé-de-talude, na vala de amarração da geomembrana.

O sistema de drenagem pluvial superficial é constituído por sistema de valetas de banquetas que conduzem as águas pluviais para o exterior da massa de resíduos selada até uma valeta de plataforma instalada na vala de amarração e posicionada sobre o dreno-coletor.

As águas pluviais que circulam na valeta, assim como as que são conduzidas pelo dreno coletor são descarregadas para um coletor de evacuação lateral, através de caixa de visita-sumidoura.

A restituição ao meio será efetuada através dos elementos de descarga do sistema já implementado na fase inicial.

Dimensionamento e Cálculo das Vias de Circulação

3. DIMENSIONAMENTO E CÁLCULO DAS VIAS DE CIRCULAÇÃO

Estabeleceu-se uma via perimetral da célula de deposição de resíduos, com largura de 7 m e extensão de 777 m, contornando a célula de deposição de resíduos, exceto no seu lado Norte, onde a nova célula confronta, diretamente, com a célula da IIª fase.

A nova via perimetral liga a NW e a NE da célula da Fase III com a via perimetral existente.

O pavimento da via perimetral será constituído por uma sub-base, em saibro, com 0,15 m de espessura, seguida de uma base em agregado britado de granulometria extensa, com 0,25 m de espessura (ver planta e pavimento tipo no desenho C-150-01).

O desenho C-150-01 mostra, também, o perfil transversal da via perimetral.

Os desenhos C-150-02-01 e 02 mostram, respetivamente, o alinhamento horizontal e o perfil vertical da via perimetral.