



**ATERRO DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS DE CASTELO
BRANCO – VERDULHO DE BAIXO – CASTELO BRANCO**

RENOVAÇÃO E ALTERAÇÃO DA LICENÇA AMBIENTAL

OPERADOR: BIOSMART, Soluções Ambientais, S.A.,

**Plano de exploração do aterro, incluindo esquema de
enchimento, selagens intermédias e final e cálculo da
estabilidade de taludes**

2ª Versão

(Peças escritas)

ÍNDICE

1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
2.	CONSTRUÇÃO DO ATERRO.....	4
2.1.	Considerações gerais.....	4
2.2.	Selagem inferior.....	4
2.3.	Drenagem das águas pluviais e lixiviados.....	5
3.	SEQUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO DO ATERRO.....	5
3.1.	Considerações gerais.....	5
3.2.	Evolução de enchimentos da célula nº3 versus vida útil.....	5
4.	RESÍDUOS A DEPOSITAR	6
4.1.	Considerações gerais.....	6
4.2.	Caracterização básica	6
4.3.	Verificação de conformidade	8
4.4.	Critérios de Admissão de Resíduos em Aterro	9
4.5.	Finalização do processo de admissão.....	10
5.	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	11
6.	REGISTO DE OPERAÇÃO	11
6.1.	Registo diário de operação	11
6.2.	Registo mensal de operação	12
6.3.	Registo anual de operação.....	12
7.	MODO DE FUNCIONAMENTO	12
8.	PLANO DE MANUTENÇÃO	14
9.	PLANO DE COMUNICAÇÃO	14
10.	PLANO DE MONITORIZAÇÃO	14
11.	ESQUEMAS DE ENCHIMENTO	15
12.	ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES.....	15
12.1.	Considerações gerais.....	15
12.2.	Análise de estabilidade	16
12.2.1.	Considerações gerais.....	16
12.2.2.	Mecanismos de rutura	16
12.2.3.	Mecanismo dominante.....	17
12.2.4.	Ângulo de atrito (ϕ')	17

12.2.5.	Peso específico	17
12.2.6.	Parâmetros geotécnicos adotados	18
12.2.7.	Modelo de reforço fibroso	18
12.2.8.	Geometria do talude com banquetas	18
12.2.9.	Fator de segurança	19
12.2.10.	Cálculo comparativo	19
12.3.	Conclusão	20
12.3.1.	RSI granular	20
12.3.2.	RSI com 70% plástico	20
13.	DRENAGEM DO BIOGÁS	20
14.	SELAGEM FINAL E INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA	21
15.	MANUAL DE EXPLORAÇÃO	22

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O plano de exploração do aterro terá como objetivo definir com clareza os métodos de construção a utilizar, o faseamento da construção, os processos de operação, funções do pessoal, regras de controlo de qualidade, esquema de enchimento, selagens intermédias e finais, cálculos de estabilidade dos taludes e outros aspetos que assegurem o bom funcionamento do aterro. O plano de exploração poderá ser ajustado ao longo da exploração, sempre com conhecimento da Entidade Licenciadora.

A exploração de aterro deve cumprir algumas regras para que seja assegurado o fim para o qual é projetado, isto é, para poder ser considerado sanitariamente correto o destino final dos resíduos.

2. CONSTRUÇÃO DO ATERRO

2.1. Considerações gerais

A implantação da nova célula de deposição de resíduos deverá respeitar dentro do possível as peças escritas e desenhadas do projeto, quer para a construção, quer para a exploração dos alvéolos.

A modelação proposta envolve a escavação de taludes com inclinação H:V (2:1) e a realização de aterros também com taludes H:V (2:1).

A implantação da obra deverá respeitar a construção de vias de acesso em redor da célula, a criação de zonas de amarração dos sistemas de impermeabilização, a criação de banquetas intermédias.

A modelação das células teve em conta o declive do terreno natural, as necessidades de garantir uma boa drenagem do fundo dos alvéolos, com inclinações mínimas, de acordo com o Decreto-Lei nº102-D/2020, de 2%, a natureza dos solos e a definição da inclinação das banquetas contrárias à inclinação do terreno, de modo a aumentar a estabilidade dos taludes. Procurou-se ainda o encaixe do aterro no terreno natural, de modo a limitar possíveis problemas de deslizamentos.

Atendendo à vida útil do aterro, procurou-se dividir a célula em alvéolos de modo a melhorar a exploração da célula com redução do volume de lixiviados.

2.2. Selagem inferior

O esquema de selagem inferior e o modo da sua aplicação consta da alínea e) e do desenho apresentado nas peças desenhadas do projeto de execução.

Em termos construtivos aconselha-se que o geotêxtil a aplicar sobre a camada drenante no fundo e nos taludes, seja só efetuada aquando do início da exploração da zona, para evitar os efeitos destruidores da intempérie e dos raios UV enquanto aguarda o seu tempo de operacionalidade.

2.3. Drenagem das águas pluviais e lixiviados

Os sistemas de drenagem devem de ser construídos de acordo com o exposto na alínea f) e respeitar o constante nas peças desenhadas.

Em nenhum caso deverão existir perfurações dos sistemas de impermeabilização de fundo das células. Todos os sistemas de drenagem serão aplicados sobre os sistemas de impermeabilização.

Com o objetivo de não sobrecarregar a ETAL, a célula será explorada por 4 fases (4 patamares) que impedem a passagem de águas pluviais entre alvéolos não explorados para alvéolos em exploração.

3. SEQUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO DO ATERRO

3.1. Considerações gerais

A exploração do aterro será efetuada de forma faseada, através do enchimento sequencial da célula e dos seus alvéolos/patamares.

Preparados os alvéolos / patamares, inicia-se a deposição de resíduos de acordo com a sequência de exploração. De salientar que a exploração preconizada para vários anos será efetuada em fases distintas, sequenciais e está dependente da procura e dos planos de enchimento a desenvolver anualmente, no início de cada ano, com base nas perspetivas de mercado.

Atualmente está a ser efetuada a reengenharia das células nº1 e nº2. Brevemente será efetuado o arranque da exploração da célula nº3. Após o esgotar da capacidade da célula nº3 será preparada a zona de reengenharia entre esta célula e as células nº1 e nº2 e proceder-se-á ao encerramento final do Aterro com base no plano de encerramento proposto.

3.2. Evolução de enchimentos da célula nº3 versus vida útil

Para a determinação da vida útil da célula nº3 admite-se uma deposição média de 20.000 toneladas/ano, correspondente à ocupação de um volume de 21.500 m³/ano. A vida útil da célula nº3 é assim, estimada em 7 anos.

4. RESÍDUOS A DEPOSITAR

4.1. Considerações gerais

O Aterro de RNP de Castelo Branco tem implementado um processo de admissão de resíduos em aterro, nos termos do artigo 35º do Decreto-Lei nº102-D/2020, de 10 de Dezembro, desenvolvido pelo Diretor Técnico do Aterro (DTA) em conjunto com o responsável pela gestão de resíduos da empresa produtora, detentora e/ou gestora de resíduos.

Este processo procura garantir que, antes da entrega ou por ocasião desta, ou da primeira de uma série de entregas do mesmo tipo, os resíduos em questão, são admissíveis em aterro, e que cumprem os critérios de admissão para a classe de Aterros de RNP.

4.2. Caracterização básica

O primeiro passo na admissão de resíduos em aterro é a sua caracterização básica. Procura-se efetuar a identificação completa dos resíduos através da recolha de todas as informações necessárias a uma eliminação segura dos resíduos a longo prazo. Esta caracterização é efetuada para cada tipo de resíduo.

A caracterização básica consiste em reunir os seguintes dados:

- Informação básica sobre os resíduos – tipo e origem, composição, consistência, lixiviabilidade e sempre que necessária e disponível outras propriedades características;
- Informação básica para a compreensão do comportamento dos resíduos em aterro e opções em termos de tratamento;
- Avaliação dos resíduos em função de valores-limite;

Os resíduos são considerados admissíveis em aterro, se a caracterização básica demonstrar que os mesmos preenchem os critérios para a classe de Aterro de Resíduos Não Perigosos.

Os requisitos essenciais da caracterização básica são os seguintes:

- Fonte e origem dos resíduos;
- Informação sobre o processo de produção dos resíduos (descrição e características das matérias primas e produtos);
- Descrição dos tratamentos a que o resíduo é sujeito ou justificação da ausência de tratamento;

- Dados sobre a composição dos resíduos e o seu comportamento lixiviante, quando relevante;
- Aspeto dos resíduos (odor, cor, forma física);
- Código de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER);
- Informações comprovando que os resíduos não estão abrangidos na *Lista de Resíduos Não Admissíveis*;
- Se necessárias, precauções adicionais na deposição a tomar no aterro.

Os resíduos deverão ser sujeitos a verificação, de forma a se obterem / confirmarem as informações do ponto anterior.

O teor da caracterização, o âmbito da verificação laboratorial necessária e a relação entre caracterização básica e verificação da conformidade dependem da tipologia de resíduos. A diferenciação é feita entre:

- Resíduos regularmente produzidos num mesmo processo, em que a instalação e o processo que geram os resíduos são bem conhecidos, estando bem definidos os materiais que entram no processo e o processo em si. Os resíduos podem provir de diferentes instalações, se for possível identificá-los como um único fluxo com características comuns. Neste caso pode ser efetuada uma caracterização básica única, desde que esta inclua um estudo de variabilidade dos parâmetros de base nas diferentes instalações, mostrando a sua homogeneidade.
- Resíduos não produzidos regularmente, num mesmo processo e numa mesma instalação e que não fazem parte de um fluxo de resíduos bem identificado.

Exceções: A verificação da caracterização básica pode ser dispensada nos seguintes casos:

- a) Os resíduos encontram-se inscritos na lista de resíduos inertes (Decreto-Lei 102-D/2020, de 10 de Dezembro) relativamente aos quais não são requeridos ensaios.
- b) Todas as informações necessárias para a caracterização básica são conhecidas e estão devidamente justificadas (resíduos que visivelmente não apresentam características de lixibilidade e perigosidade – e.g. PVC, cartão).
- c) Determinados tipos de resíduos em que a verificação não é viável ou para os quais não está disponível nenhum processo de verificação ou critério de admissão adequado, encontrando-se devidamente justificado e documentado, incluindo os motivos pelos quais os resíduos são considerados admissíveis nessa classe de aterro.

d) Resíduos urbanos classificados como não perigosos no capítulo 20 da LER, as frações de resíduos urbanos não perigosas recolhidas seletivamente (Decreto-Lei 102-D/2009, de 10 de Dezembro);

Esta decisão é tomada pela Produção e DTA.

Poderá ainda ser solicitado parecer a Entidades Oficiais.

4.3. Verificação de conformidade

Quando um resíduo é considerado admissível na classe de Aterro de Resíduos Não Perigosos, com base numa caracterização básica realizada de acordo com o ponto anterior, o resíduo é depois sujeito a verificação de conformidade, a fim de se determinar se está em conformidade com os resultados da caracterização básica e com os critérios de admissão relevantes, para a classe de aterros.

A verificação de conformidade, tem como função, o controlo periódico de fluxos de resíduos que ocorrem regularmente.

De forma a dar cumprimento a este processo, a BioSmart adotou a seguinte estratégia.

A Produção, em função dos resultados obtidos, define 3 níveis de vigilância (Quadro 1 – Níveis de Vigilância dos Resíduos) para os resíduos, níveis esses associados ao grau de risco do próprio resíduo (comportamento em aterro). Este grau de risco, é calculado, efetuando a média dos resultados obtidos para os parâmetros avaliados nos ensaios. O resultado do cálculo e a decisão tomada, são registados no Processo de Admissão do Resíduo.

Quadro 1 – Níveis de Vigilância dos Resíduos

Nível de vigilância mais apertado TIPO I	Nível de vigilância médio TIPO II	Nível de vigilância mais reduzido TIPO III
$100\% \leq X \leq 80\%$	$80\% \leq X \leq 50\%$	$X < 50\%$

De modo a poder manter a autorização de deposição, os resíduos são verificados no mínimo anualmente ou sempre que considerado necessário pelo DTA, em função do seu nível de vigilância, a fim de determinar se o resíduo está em conformidade com os resultados da caracterização básica e com critérios de admissibilidade relevantes.

Os parâmetros devem corresponder à informação da caracterização básica. O controlo tem de demonstrar que os resíduos cumprem os valores-limite relativamente às variáveis-chave. Os ensaios

usados para verificação da conformidade são um ou mais dos utilizados na caracterização básica. O Departamento de Produção estabelece uma Lista que relaciona os Produtores com o seu Nível de Vigilância e os parâmetros a ensaiar anualmente (*Plano de Controlo de Resíduos*).

Nas verificações utilizam-se métodos normalizados mais simples de análise, onde os resultados são comparados com os valores apresentados nas tabelas anteriores para verificação da sua conformidade.

Os resíduos isentos dos requisitos de verificação da caracterização básica, estão também isentos da verificação de conformidade.

Para iniciar uma verificação de Nível 2, a carga em análise é segregada na célula em exploração, de modo a poder a avaliar a conformidade dos resíduos e permitir a recolha de uma amostra.

Em caso de não haver concordância entre o resultado da análise de verificação de conformidade e o declarado pelo produtor ou detentor, este é notificado por escrito da ocorrência pelo DTA e a ocorrência é participada à autoridade competente.

Todas as descargas são sempre submetidas a verificações de Nível 3, com o objetivo de confirmar se os resíduos transportados são os mesmos que descrito nos documentos de acompanhamento.

4.4. Critérios de Admissão de Resíduos em Aterro

Apresentam-se neste ponto, os valores-limite para a deposição de resíduos não perigosos em aterro, de acordo com o Decreto-Lei nº102-D/2020 de 10 de dezembro.

Quadro 2 – Valores limites de lixiviação

<i>Parâmetro</i>	<i>Resíduos Não Perigosos (L/S=10 l/kg)</i>
<i>Arsénio (mg/kg)</i>	<i>5</i>
<i>Bário (mg/kg)</i>	<i>100</i>
<i>Cádmio (mg/kg)</i>	<i>2</i>
<i>Crómio total (mg/kg)</i>	<i>20</i>
<i>Cobre (mg/Kg)</i>	<i>50</i>
<i>Merúrio (mg/Kg)</i>	<i>0,5</i>
<i>Molibdénio (mg/Kg)</i>	<i>10</i>
<i>Niquel (mg/Kg)</i>	<i>10</i>
<i>Chumbo (mg/Kg)</i>	<i>10</i>
<i>Antimónio (mg/Kg)</i>	<i>0,7</i>
<i>Selénio (mg/Kg)</i>	<i>0,5</i>
<i>Zinco (mg/Kg)</i>	<i>50</i>
<i>Cloreto (mg/Kg)</i>	<i>50 000</i>
<i>Fluoreto (mg/Kg)</i>	<i>250</i>
<i>Sulfato (mg/Kg)</i>	<i>20 000</i>
<i>COD (*) (mg/Kg)</i>	<i>1 000</i>
<i>SDT (**) (mg/Kg)</i>	<i>60 000</i>

(*) sempre que o aterro for especialmente destinado à admissão de resíduos orgânicos, este valor poderá ser ultrapassado. Também poderá ser ultrapassado sempre que se tratar de um resíduo que não seja suscetível de fermentar.

(**) Os valores para os SDT podem ser utilizados em alternativa aos valores para o sulfato e o cloreto

4.5. Finalização do processo de admissão

Caso se verifique, com base na informação existente, que o resíduo não é admissível, o DTA informa o Produtor que o pedido é recusado, explicando os motivos, e encerra-se o processo.

Se, pelo contrário, se verificar que o resíduo é potencialmente admissível em Aterro, o DTA pode planear uma visita ao Produtor no sentido de verificar os seguintes aspetos: o processo produtivo e as fases em que são gerados os resíduos, a natureza dos resíduos, as condições de armazenamento, outras práticas de gestão dos resíduos e para comprovar algum aspeto em falta. Aquando da realização das visitas, é efetuada recolha de amostras de resíduos.

A decisão de admissão de um resíduo, é efetuada para um determinado processo produtivo, existente à data no Produtor. O Produtor terá de declarar que qualquer alteração ao processo, dando

origem a modificação dos resíduos será comunicada à BioSmart. Uma alteração deste tipo dá origem a uma nova avaliação do processo pelo DTA.

Depois da recolha dos elementos necessários, o DTA e/ou Direção Comercial elabora a proposta de prestação de serviços, com base nas informações disponibilizadas pelo processo de admissão, tais como: quantidades produzidas, pesos específicos e quantidade anual produzida. A proposta é estabelecida com base em tabelas de preço indicativas (tabela anual publicada pela Direção Comercial), que relacionam o preço com o comportamento do resíduo em aterro. A proposta é enviada ao produtor.

Nota: A proposta pode ser enviada a priori da recolha de todos os elementos necessários.

Após a adjudicação do serviço, e com base nos elementos reunidos (informação cedida pelo produtor, resultados de análises e pareceres de entidades oficiais), o DTA emite o parecer acerca da aceitação do resíduo. Se o parecer for desfavorável à admissão do resíduo, o DTA contacta o Produtor, explicando os motivos da não-aceitação do resíduo.

O DTA elabora a pasta final do processo, devidamente identificada – Dossier Técnico e Proposta Comercial / Contrato. Simultaneamente envia ao Cliente:

- Certificado de Aceitação de resíduos
- Folheto de cuidados e regras a seguir no Aterro;
- Conselhos de segurança na eliminação de resíduos contendo Amianto (quando aplicável)
- Resultados de análises ao resíduo (quando aplicável);
- Comprovativo da autorização do Aterro poder receber RNP ou outros documentos oficiais, caso o cliente o solicite.

5. HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO

Será mantido o horário de funcionamento existente.

6. REGISTO DE OPERAÇÃO

6.1. Registo diário de operação

Serão elaborados diariamente relatórios de operação onde serão registadas todas as ocorrências.

Desse relatório diário de operação constará:

- O pessoal utilizado e em que funções;
- Horas de funcionamento dos diversos equipamentos;
- Anomalias verificadas e tempos de paragem por avaria;
- Operações efetuadas incluindo as de limpeza e lavagem;
- Produtos originados pela unidade, sua quantidade e destino;
- Intervenções de manutenção preventiva e programada efetuadas nos diferentes equipamentos;
- Operações de controlo ambiental efetuadas e seus resultados;
- Consumos de energia, água, combustível e lubrificantes;
- Produção de águas lixiviantes;
- Condições meteorológicas.

6.2. Registo mensal de operação

Serão elaborados mensalmente relatórios de operação, onde se registará resumidamente todos os registos diários efetuados. Este registo destina-se a ser avaliado pela gestão e para controlo dos custos de operação e a elaboração de mapas de stocks.

6.3. Registo anual de operação

O registo anual de operação será a compilação dos relatórios mensais e permitirá a caracterização total do funcionamento da instalação durante o ano anterior.

7. MODO DE FUNCIONAMENTO

O modo de funcionamento do aterro será mantido e ajustado às áreas de ampliação do aterro.

Assim, as operações no aterro deverão:

- Refletir os requisitos de conceção e construção do projeto;
- Satisfazer todos os requisitos de proteção ambiental, de acordo com o exigido pela legislação e Autoridades Competentes.
- Satisfazer todos os requisitos de segurança dos trabalhadores, visitantes e da população em geral, bem como das instalações.

As viaturas, depois de entrarem no aterro e serem controladas na portaria, como exposto anteriormente, dirigem-se pelas vias de circulação interna, à frente de trabalho, onde procedem à descarga de resíduos.

Numa primeira fase, na descarga de resíduos, será utilizada a rampa de acesso ao primeiro alvéolo da célula. Logo que a cota de enchimento atinja a cota dos acessos de circulação, o acesso à frente de trabalho será efetuado por acessos construídos para o efeito, com material mineral drenante, brita granítica, e/ou com entulhos de construção e demolição de qualidade, aplicados em camadas compactadas por cima da massa de resíduos depositados.

Por questões de prevenção, ter-se-ão sempre e pelo menos, dois acessos construídos, para que as viaturas transportadoras possam proceder à descarga de resíduos.

Após a descarga e verificada a conformidade dos resíduos, é efetuado o seu espalhamento, arrumo e compactação.

Os resíduos são espalhados em estratos de cerca de 0,25 m de altura, sendo posteriormente compactados. Quando atingem uma altura de aproximadamente de 3 m são cobertos com material de cobertura, i.e., com uma camada de terra, de espessura a rondar os 20 cm.

Para se garantir uma boa drenagem superficial, as áreas cobertas terão inclinação, no sentido do escoamento desejado.

A superfície do material de cobertura será regularizada e compactada, no final do espalhamento, tendo sempre o cuidado de não descurar os resíduos que se encontram à vista.

Como forma de proteção mecânica de taludes, na área de encosto dos resíduos aos taludes interiores das células, é utilizada geotêxtil de 500 g/m², funcionando como proteção/ filtro e ainda com características de proteção dos raios ultravioletas. Poderão ser ainda usados pneus para a proteção mecânica na base dos taludes.

A geometria da célula diária, tem a largura máxima da dimensão dos equipamentos utilizados, de forma a maximizar a compactação induzida na massa de resíduos, e a própria "arrumação" dos resíduos.

Para a definição da altura máxima de deposição de resíduos em cada zona do aterro deverá ser consultado o Plano de Encerramento Proposto. Caso ocorram dúvidas relativamente às cotas máximas deverá ser solicitado à equipa de topografia, aquando do levantamento anual a colocação de estacas topográficas com informação das alturas a considerar com base no Plano de Encerramento ou com base nos Planos anuais de enchimento.

Para garantir a segurança dos taludes, estes deverão ter uma inclinação máxima de 2:1 (H:V) e um patamar intermédio, a cerca de 6 metros do nível da via de acesso externa ou do patamar inferior.

8. PLANO DE MANUTENÇÃO

O plano de manutenção refletirá os procedimentos a ter em conta na manutenção de:

- Equipamento de trabalho;
- Sistemas de drenagem e de elevação de águas pluviais;
- Sistemas de drenagem e elevação de lixiviados;
- Sistemas de impermeabilização;
- Arranjos paisagísticos;
- Limpeza das vias de acesso;
- Sistemas de segurança.

É de fundamental importância que o equipamento tenha um programa de manutenção adequado, a fim de manter em perfeito estado de funcionamento, para que, não surjam interrupções prolongadas no trabalho devido a avarias e consequentes reparações.

Relativamente aos equipamentos de elevação de águas lixivantes e águas pluviais estão previstos equipamentos de reserva para colocar em armazém de modo a proceder à sua substituição imediata em caso de avaria.

9. PLANO DE COMUNICAÇÃO

Os resultados dos controlos constarão do relatório da atividade da instalação a ser elaborado anualmente e enviado à autoridade competente.

Será ainda elaborado um procedimento de comunicação rápida a aplicar sempre que se verificar qualquer anomalia no funcionamento do aterro.

10. PLANO DE MONITORIZAÇÃO

O plano de monitorização será o constante na alínea d) com os ajustes que constarem da Licença de Exploração ou de alterações da Legislação em vigor.

11. ESQUEMAS DE ENCHIMENTO

O esquema de enchimento do aterro será o seguinte:

- Conclusão da exploração da célula nº2 e exploração da zona de reengenharia das células nº1 e nº2;
- Exploração da célula nº3 – em 4 fases associadas aos vários patamares da célula;
- Exploração da zona de reengenharia entre as células nº1, nº2 e a célula nº3;
- Encerramento final do aterro;

Juntamente com os relatórios anuais a BioSmart apresenta o Plano de Enchimento para o Ano corrente, usando para tal um levantamento topográfico realizado no final de cada ano. Neste plano de enchimento constará a seguinte informação:

- Início e duração da deposição (O início e duração da deposição é de 01 de Janeiro a 31 de Dezembro do mesmo ano).
- Superfície ocupada pelos resíduos: será definida para o ano corrente a superfície de intervenção prevista, bem como plantas de localização e perfis de enchimento propostos com cálculo através de programa de modelação de terreno dos volumes a ocupar.
- Volume dos resíduos depositados: Pelos levantamentos topográficos efetuados até 31 de Dezembro, a densidade média dos resíduos, desde o início da exploração, depois de confinados e com solos de cobertura é possível determinar o volume de resíduos a depositar nessa zona;
- Métodos de deposição utilizados: Serão definidos os métodos de deposição a utilizar, acessos a criar, bem como localização de contentores para a realização da triagem manual realizada junto às frentes de trabalho, Etc....A deposição dos resíduos será feita na (s) frente (s) de trabalho definida (s) para esse efeito.

12. ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

12.1.Considerações gerais

Os aterros de resíduos sólidos industriais (RSI) são materiais geotécnicos antropogénicos altamente heterogéneos, resultantes da deposição e compactação de resíduos de origem industrial, tipicamente não biodegradáveis.

No presente estudo considera-se um RSI industrial **sem fração orgânica relevante**, eliminando efeitos de degradação biológica e geração de gás, conduzindo a um comportamento predominantemente mecânico. Considera-se que tem uma incorporação de 70% de plásticos.

A resistência ao corte é modelada por um sistema compósito:

$$\tau = c'_m + \sigma' \tan \varphi'_m + \tau_f$$

onde:

- c'_m e φ'_m representam a matriz granular;
- τ_f representa o reforço induzido pela fração plástica.

12.2. Análise de estabilidade

12.2.1. Considerações gerais

A estabilidade global é avaliada através do método de equilíbrio limite, assumindo condições drenadas, adequadas a RSI industriais de elevada permeabilidade.

O fator de segurança é definido como:

$$FS = \frac{\text{resistência ao corte mobilizada}}{\text{tensão mobilizadora}}$$

12.2.2. Mecanismos de rutura

Os mecanismos críticos considerados são:

- Rotura translacional em talude infinito local;
- Rotura circular profunda (heterogeneidade);
- Rotura progressiva (relevante em RSI fibroso);
- Fluência (creep) associada à fração plástica.

12.2.3. Mecanismo dominante

Tipo de RSI	Estrutura	Mecanismo dominante
RSI granular	partículas rígidas	atrito + dilatação
RSI 70% plástico	matriz + fibras	matriz + reforço trativo

12.2.4. Ângulo de atrito (ϕ')

O ângulo de atrito efetivo depende de:

- Natureza dos contactos (rígidos vs deformáveis);
- Grau de dilatação;
- Estrutura interna e confinamento;
- Peso específico e compactação.

RSI granular

- Contactos rígidos (escórias, fragmentos minerais)
- Interbloqueio significativo - ϕ' elevado ($\sim 32^\circ$)

RSI com 70% plástico

- Contactos deformáveis (polímeros e filmes)
- Resistência adicional via τ_f

12.2.5. Peso específico

$\gamma = 10.75 \text{ kN/m}^3$

Justificação:

- Elevada porosidade estrutural;
- Presença de materiais leves (polímeros);
- Ausência de compactação mineral contínua.

12.2.6. Parâmetros geotécnicos adotados

Modelo resistente

$$\tau = c'_m + \sigma' \tan \varphi'_m + \tau_f$$

Tabela de parâmetros

Parâmetro	RSI granular	RSI 70% plástico	Justificação
γ (kN/m ³)	10.75	10.75	estrutura leve heterogénea
c'_m (kPa)	3	8	interbloqueio + confinamento
φ'_m (°)	32	32	propriedade da matriz
τ_f (kPa)	0	ativo	reforço fibroso

12.2.7. Modelo de reforço fibroso

$$\tau_f = \alpha Z_{\max} \sin \xi$$

onde:

- $\alpha = 0.5-0.8$ (eficiência de mobilização)
- $Z_{\max}$ = resistência à tração das fibras plásticas
- ξ = Orientação média das fibras

12.2.8. Geometria do talude com banquetas

A geometria adotada inclui talude escalonado com banquetas intermédias.

Geometria global:

- Inclinação global: **1V:2H**
- Altura entre banquetas: **6 m**
- Largura de cada banqueteta: **3 m**

As banquetas introduzem:

- Redução da altura crítica de instabilidade por troço;
- Interrupção de superfícies potenciais de rotura circular;

- Aumento da estabilidade global por segmentação do talude;
- Redistribuição de tensões e redução de esforços mobilizados.

Para análise, cada troço entre banquetas é tratado como:

- Talude parcial de 6 m de altura
- Inclinação local equivalente a 1V:2H
- Superfície de rotura limitada por descontinuidades geométricas

12.2.9. Fator de segurança

$$FS = \frac{c'_m + \gamma z \cos^2 \beta \tan \varphi'_m + \tau_f}{\gamma z \sin \beta \cos \beta}$$

com:

- β correspondente a 1V:2H $\rightarrow 26.6^\circ$
- $z = 6$ m (altura entre banquetas)

12.2.10. Cálculo comparativo

Hipóteses de cálculo:

- Inclinação do talude: **1V:2H**
- Parâmetros – ver ponto 12.2.6

Cenário	FS	Interpretação
RSI granular (conservador)	1.37	aceitável mínimo
RSI 70% plástico (sem fibras)	1.56	estável
RSI 70% plástico (com fibras)	1.75	estável robusto

12.3. Conclusão

12.3.1. RSI granular

- Estabilidade dominada por atrito
- Menor margem de segurança
- Mais sensível a variações de compactação

12.3.2. RSI com 70% plástico

- Aumento da resistência global por:
 - Maior coesão aparente
 - Possível reforço fibroso
- Comportamento mais dúctil
- Maior margem de segurança global
- Aumento do FS global face a talude contínuo;
- Redução da probabilidade de rotura progressiva contínua;
- Confinamento geométrico dos potenciais planos de escorregamento;
- Maior redundância estrutural do aterro.

13. DRENAGEM DO BIOGÁS

Face ao tipo de resíduos a produção de biogás deverá ser mínima no entanto, a drenagem dos gases produzidos nos alvéolos será efetuada através de poços (ver alínea g) e planta das peças desenhadas), os quais serão executados gradualmente conforme esquema apresentado nas peças desenhadas e descrito no projeto.

Os poços deverão ser executados acima da base do aterro, assentes sobre material argiloso para não se efetuar a subida de lixiviados, sendo constituídos por brita não calcária de granulometria grossa envolvente de condutas verticais, ranhuradas em PEAD DN160.

14. SELAGEM FINAL E INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA

Quando parte da célula atingir as suas cotas finais, este será coberto com as camadas de selagem final. O Decreto-lei nº102-D/2020 de 10 de Dezembro requer que o esquema de selagem final de aterros de resíduos industriais não perigosos tenha a seguinte estrutura:

- Camada drenante de gases (apenas se se justificar);
- Camada impermeável (por exemplo argila ou bentonite), para evitar infiltração das águas pluviais incidentes;
- Camada drenante > 0,50 m;
- Cobertura final com material terroso com espessura > 1.0 m.

Deste modo propõe-se que a selagem final tenha a seguinte estrutura:

- Material terroso, com 0,20 m, para resguardar a última camada de resíduos;
- Microtela bentonítica de 4900 g/m²;
- Geotêxtil de 180 g/m², com funções de separação;
- Camada drenante, de 0,50 m, constituída por brita de granito ou seixo;
- Geotêxtil de 180 g/m², com funções de filtro, para impedir a colmatção da camada drenante;
- Material terroso com 1,00 m de espessura, sendo os últimos 30 cm de terra vegetal.
- Plantação com prado de sequeiro por hidrosementeira de uma mistura de gramíneas e leguminosas adequadas ao clima da região.

Nos taludes a camada mineral drenante será substituída por camada drenante sintético (georede entre dois geotêxteis) e por trincheiras drenantes de brita.

A implantação da selagem final, bem como o pormenor da sua execução constam nas peças desenhadas do Plano de Encerramento.

Apresenta-se em anexo informação técnica para a hidrosementeira a aplicar.

15. MANUAL DE EXPLORAÇÃO

A BioSmart dispõe de um Manual de Exploração que contém os procedimentos relativos à operação e manutenção do aterro, nomeadamente:

- a) Forma de controlo dos resíduos à entrada da instalação;
- b) Esquema de enchimento do aterro, de acordo com o projeto aprovado (superfície máxima a céu aberto em regime de exploração normal, altura de deposição dos resíduos, características dos taludes de proteção e suporte dos resíduos, etc...);
- c) Plano de monitorização, incluindo os parâmetros a determinar e a frequência, os locais e os métodos de amostragem, tendo em conta o constante nas licenças;
- d) Sistemas de manutenção e controlo do funcionamento das infraestruturas do aterro: sistemas de drenagem, poços de drenagem dos lixiviados, bacias dos lixiviados, sistemas de drenagem, recolha e transporte de águas pluviais, piezómetros, etc...
- e) Condições técnicas de selagem e encerramento do aterro, de acordo com o projeto aprovado;
- f) Medidas de prevenção de incidências, acidentes e incêndios, bem como das medidas a tomar em cada caso.

Este Manual será adaptado e atualizado após a emissão da Renovação da Licença Ambiental e Licença de Exploração.

