



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Acompanhamento da III Fase do Aterro Sanitário da Meia Serra

RICARDO GABRIEL MENDONÇA CHAVES

Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil na Área de Especialização de Hidráulica

Orientadores:

Mestre Alexandre Almeida Mendes Borga

Licenciada Nélia Maria Sequeira de Sousa

Júri:

Presidente: Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos

Vogais: Licenciado Luís Filipe Almeida Mendes

Mestre Alexandre Almeida Mendes Borga

Licenciada Nélia Maria Sequeira de Sousa

Dezembro 2013

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho de Administração da Empresa IGSERV - Investimentos, Gestão e Serviços, S.A.: Engenheiro José Alberto Faria Pimenta de França, Engenheiro José Araújo de Barros Goes Ferreira e Engenheira Nélia Maria Sequeira de Sousa, gostaria de agradecer a oportunidade dada para a realização do estágio na empresa, bem como a todos os seus colaboradores que sempre estiveram disponíveis a ajudar-me e ao seu acolhimento no seio da Empresa.

À Engenheira Nélia Maria Sequeira de Sousa, orientadora do estágio curricular, pela forma como me acolheu e integrou no projeto.

Ao Engenheiro Alexandre Almeida Mendes Borga, orientador deste trabalho, pelo seu apoio e pela disponibilidade demonstrada.

Ao Engenheiro Gonçalo Asdrubal Martins Tavares Vieira, pelos conhecimentos transmitidos ao longo de todo o tempo em que passei na obra e pela disponibilidade demonstrada.

Um muito obrigado a todos os meus colegas e amigos de curso que me acompanharam ao longo de toda a vida académica.

À minha família agradeço por me terem proporcionado condições para a obtenção de um curso superior, a compreensão, ajuda e apoios dados ao longo de toda a minha vida académica.

RESUMO

O presente Relatório de Estágio enquadra-se no âmbito do Trabalho Final de Mestrado do curso de Engenharia Civil, na área de especialização de Hidráulica, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, consistindo no acompanhamento da construção de um aterro sanitário.

A 3ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra localiza-se na freguesia da Camacha, Concelho de Santa Cruz, Região Autónoma da Madeira, a uma altitude aproximada de 1140 m, ocupando uma área com cerca de 16 hectares.

O início do estágio coincidiu com o reinício da obra, que estava interrompida por questões de adversidades climáticas, situação que ocorre com frequência na zona em questão. O trabalho realizado consistiu no estudo, preparação e acompanhamento de trabalhos relativos ao projeto, análise das estatísticas de deposição de resíduos, alteração do acesso à Estação de Tratamento e na alteração das infraestruturas afetas ao projeto.

Durante o estágio, o autor deste trabalho desenvolveu diversas atividades em consonância com o Dono de Obra tais como: o estudo e preparação da implementação de sistemas de drenagem de águas pluviais e de nascentes; a preparação e acompanhamento da instalação do sistema de proteção ambiental para deposição de resíduos; as consultas e contactos entre todos os intervenientes da obra, com o objetivo de resolução de incompatibilidades de projeto e alterações.

O estágio permitiu a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, através do contacto direto com a obra e o acompanhamento dos processos construtivos empregues na mesma, assim como o desenvolvimento e preparação das várias fases de um projeto para execução, compreendendo o relacionamento das diversas entidades envolvidas para o efeito.

PALAVRAS-CHAVE

Aterro Sanitário, ETRS, Estatísticas, Sistemas de drenagem, Proteção ambiental

ABSTRACT

This internship report falls within the ambit of the final project of the Master course in Civil Engineering, in the area of specialization of Hydraulics, from Instituto Superior de Engenharia Civil de Lisboa, consisting in the follow-up of the construction of a landfill.

The 3^a Phase Sanitary Landfill for the Solid Waste Treatment Plant of Meia Serra is located in the parish of Camacha, belonging to the county of Santa Cruz, in the Região Autónoma da Madeira at an approximately altitude of 1140 m, with a occupation area of 16 hectares.

The beginning of the internship coincided with the restart of the construction, which was, interrupted due to climatic adversities, a common situation for this area. The work consisted in the study, preparation and follow up work on the project, analysis of statistics of waste disposal, alteration of the access to Treatment Plant and alteration of the project allocated to infrastructure.

During this internship, the author of this work held various activities with the developer such as: the study and preparation for the implementation of rain water drainage systems and water springs; the preparation and follow up of the environmental protection installation system for disposal of waste; consultations and contacts between all stakeholders of the project with the goal of resolving project incompatibilities and its changes.

The internship helped to put the knowledge learnt into practice. This was achieved through direct involvement in the workplace and through monitoring the construction processes employed, as well as the development and preparation of the various phases of a project for implementation, understanding how the various entities involved in the work function.

KEYWORDS

Sanitary Landfill, Solid Waste Treatment Plant, Statistics, Drainage systems, Environmental protection

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO.....	3
2.1	As Empresas (IGSERV, VALOR AMBIENTE e AFAVIAS)	3
2.2	A Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos.....	3
2.2.1	Enquadramento	3
2.2.2	ETRS Meia Serra	4
2.2.3	Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos	8
2.2.4	Instalação de Incineração de Resíduos Hospitalares e Matadouro.....	9
2.2.5	Instalação de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos.....	10
2.2.6	2ª Fase B do Aterro Sanitário.....	12
2.2.7	Sistema de Drenagem de Lixiviados ou Produção de Lixiviados	13
2.2.8	Sistema de Drenagem e Queima de Biogás	14
2.2.9	Estação de Tratamento de Águas Residuais e Lixiviantes	14
2.2.10	Plataforma de Armazenagem, Trituração e Acondicionamento de Pneus.....	18
2.3	Monitorização Ambiental	18
2.3.1	Monitorização da Qualidade do Ar e Poluentes Atmosféricos a Nível do Solo.....	19
2.3.2	Monitorização das Condições Meteorológicas	19
2.3.3	Monitorização de Gases	19
2.3.4	Monitorização das Águas Superficiais e Subterrâneas.....	20
2.3.5	Monitorização das Águas Residuais, Lixiviados e Efluentes Recirculados para o Aterro.....	20
2.3.6	Monitorização Assentamentos e Enchimento de Células.....	21
3	III FASE DO ATERRO SANITÁRIO	23
3.1	Objetivos e Justificação do Projeto	23
3.2	Conceção Geral.....	24
3.3	Terreno de Implementação.....	28
3.3.1	Condições de Escavação	28
3.3.2	Modelação.....	28
3.3.3	Faseamento do enchimento	30
3.3.4	Volume de Escavação	31
3.3.5	Acesso às Células.....	31
3.4	Infraestruturas de Impermeabilização	33
3.4.1	Sistema de proteção ambiental.....	33
3.4.2	Vala de Amarração	36
3.5	Drenagem de Biogás.....	37
3.6	Drenagem Pluvial.....	37
3.7	Drenagem de Lixiviados	40
3.7.1	Caracterização Geral do Sistema	40
3.7.2	Drenagem do Fundo das Células.....	42
3.7.3	Cobertura Temporária e Selagem Final	42
3.8	Estação de Elevação.....	42

3.8.1	Estimativa dos Caudais de Lixiviados.....	44
3.8.2	Tratamento dos Lixiviados.....	46
3.8.3	Poço de Bombagem de Lixiviados	46
3.8.4	Ligação de Lixiviados	48
3.8.5	Ligação de Pluviais	48
3.8.6	Proteção Contra o Golpe de Aríete.....	50
3.9	Rede de Serviço de Incêndios	53
3.10	Lava Rodas.....	54
3.11	Sistema de Monotorização	55
3.11.1	Piezómetros	55
3.11.2	Medidor de Caudal	55
4	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	57
4.1	Nova Via de Acesso	57
4.2	Estimativas de Resíduos a Depositar em Aterro	59
4.3	Áreas de Implementação do Sistema de Proteção Ambiental	63
4.4	Plano de Garantia de Qualidade da Instalação dos Geossintéticos.....	65
4.5	Drenagem Pluvial.....	72
4.6	Águas de Nascente	79
4.7	Alteração da Drenagem de Lixiviados e Dimensionamento RAC	83
	CONCLUSÕES	89
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS		
ANEXO A: ESTAÇÃO DE ELEVAÇÃO DE LIXIVIADOS PLANTAS, CORTES E PORMENORES		
ANEXO B: REDE DE SERVIÇO DE INCÊNDIOS PLANTA E PORMENORES		
ANEXO C: LAVA RODAS - PLANTA, CORTES E PORMENORES		
ANEXO D: LOCALIZAÇÃO DE PIEZÓMETROS PLANTA E PORMENOR		
ANEXO E: NOVA VIA DE ACESSO PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		
ANEXO F: MURO DE GABIÕES PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL E CORTES TRANSVERSAIS		
ANEXO G: PRESSUPOSTOS DE DIMENSIONAMENTO E NOVAS ESTIMATIVAS 2013 PARA OS DOIS TIPOS DE RESÍDUOS		
ANEXO H: FOLHA DE REGISTO DE COLOCAÇÃO DE GEOSSINTÉTICOS		
ANEXO I: DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL		
ANEXO J: DRENAGEM PLUVIAIS PLANTA E PORMENORES		
ANEXO K: DRENAGEM ÁGUAS DE NASCENTES PLANTA		
ANEXO L: COLETOR GRAVÍTICO DE LIXIVIADOS PLANTA		
ANEXO M: CÂMARA DE TRANSIÇÃO DE LIXIVIADOS PORMENOR		
ANEXO N: CONDUTA ELEVATÓRIA DE LIXIVIADOS PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – LOCALIZAÇÃO DA ETRS	4
FIGURA 2.2 – VISTA AÉREA ETRS DA MEIA SERRA.....	5
FIGURA 2.3 – PLANTA DA ETRS DA MEIA SERRA	5
FIGURA 2.4 – INFRAESTRUTURAS DO SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA, TRIAGEM, TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS DA RAM	7
FIGURA 2.5 – IIRSU - INSTALAÇÃO DE INCINERAÇÃO DE RSU	8
FIGURA 2.6 – SALA DA TURBINA	9
FIGURA 2.7 – COMPOSTAGEM (TRATAMENTO PRIMÁRIO)	10
FIGURA 2.8 – NAVE DE MATURAÇÃO/FERMENTAÇÃO	11
FIGURA 2.9 – PLANTA DA ETRS DA MEIA SERRA	12
FIGURA 2.10 – CÉLULAS 2ª FASE B (À ESQUERDA RSU E ESCÓRIAS, À DIREITA CINZAS INERTIZADAS).....	12
FIGURA 2.11 – ESQUEMA GERAL DE FUNCIONAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO.....	13
FIGURA 2.12 – ESQUEMA DE TRATAMENTO DA ETAR/ETAL DA ETRS DA MEIA SERRA FASE B..	15
FIGURA 2.13 – ETAR/ETAL - LAGOA DE AREJAMENTO.....	15
FIGURA 2.14 – ETAR – INSTALAÇÃO DE OSMOSE INVERSA.....	17
FIGURA 2.15 – PLATAFORMA DE ARMAZENAGEM E TRITURAÇÃO, E ACONDICIONAMENTO DE PNEUS.....	18
FIGURA 3.1 – ZONA DE EXPANSÃO DO ATERRO. 3ª FASE E DE FUTURA EXPANSÃO.....	25
FIGURA 3.2 – IMPLANTAÇÃO DAS CÉLULAS	29
FIGURA 3.3 – ESTRADA PERIFÉRICA DO ATERRO SANITÁRIO	32
FIGURA 3.4 – ESQUEMA DA PROTEÇÃO AMBIENTAL DO FUNDO E TALUDE DA CÉLULA A	34
FIGURA 3.5 – ESQUEMA DA PROTEÇÃO AMBIENTAL DO FUNDO E TALUDE DA CÉLULA B	35
FIGURA 3.6 – VALA DE AMARRAÇÃO BANQUETAS	36
FIGURA 3.7 – VALA DE AMARRAÇÃO VIA CIRCUNDANTE.....	36
FIGURA 3.8 – BOCA DE LOBO PARA DISPERSÃO NO MEIO NATURAL.....	38
FIGURA 3.9 – PLANTA DE VALAS DRENAGEM E CONDUTAS DE DRENAGEM PLUVIAIS.....	39
FIGURA 3.10 – PLANTA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS (REDES GRAVÍTICAS E ELEVATÓRIA...)	41
FIGURA 3.11 – PLANTA DO EDIFÍCIO DA ESTAÇÃO DE ELEVAÇÃO E PORMENORES	43
FIGURA 3.12 – LIGAÇÃO DO COLETOR DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS AO POÇO DE DESCARGA	48
FIGURA 3.13 – CORTE TRANSVERSAL DAS ESTAÇÃO DE ELEVAÇÃO.....	49
FIGURA 3.14 – LIGAÇÃO DA DESCARGA DE SUPERFÍCIE DO POÇO LIXIVIADOS À CAIXA DE VISITA DE ÁGUA PLUVIAIS.....	50
FIGURA 3.15 – ENVOLVENTES SUPERIOR E INFERIOR DE COTAS PIEZOMÉTRICAS DO SISTEMA ELEVATÓRIO	51
FIGURA 3.16 – PLANTA DA REDE	54
FIGURA 3.17 – LAVA RODAS (PLANTA E CORTE).....	55
FIGURA 4.1 – NOVO ACESSO À 3ª FASE DO ATERRO SANITÁRIO DA ETRS DA MEIA SERRA.....	58

FIGURA 4.2 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS RECECIONADOS NA ETRS ENTRE 2004 E 2013	59
FIGURA 4.3 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE QUANTITATIVOS DE RSU E OUTROS, DEPOSITADOS EM ATERRO.....	60
FIGURA 4.4 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE QUANTITATIVOS DE ESCÓRIAS, DEPOSITADAS EM ATERRO.....	60
FIGURA 4.5 – VISÃO GERAL DA CÉLULA B PARA CINZAS INERTIZADAS	61
FIGURA 4.6 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS VOLUMES DE RESÍDUOS ANUAIS PREVISTOS DEPOSITAR NA CÉLULA A.....	61
FIGURA 4.7 – VISÃO GERAL DA CÉLULA B PARA CINZAS INERTIZADAS	62
FIGURA 4.8 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE QUANTITATIVOS DE CINZAS INERTIZADAS, DEPOSITADAS EM ATERRO.....	62
FIGURA 4.9 – VISTA GERAL DA CÉLULA A1 NA FASE DE INSTALAÇÃO DA GEOMENBRANA.....	66
FIGURA 4.10 – APLICAÇÃO DE GEOCOMPÓSITOS BENTONÍTICOS RECORRENDO AO AUXÍLIO DE UMA ESCAVADORA E EQUIPAMENTO AUXILIAR DE ELEVAÇÃO.....	67
FIGURA 4.11 – VALA DE AMARRAÇÃO	68
FIGURA 4.12 – ÁREAS DE AFLORAMENTOS ROCHOSO EM TALUDES	68
FIGURA 4.13 – APLICAÇÃO DE BANDAS DE GEOCOMPÓSITO DRENANTE NA REGULARIZAÇÃO DE TALUDES	69
FIGURA 4.14 – ESBOÇOS DOS ESQUEMAS DE COLOCAÇÃO, À ESQUERDA CÉLULA A1 E À DIREITA CÉLULA B.....	69
FIGURA 4.15 – EXEMPLO DE UNIÕES DE GEOMENBRANAS	70
FIGURA 4.16 – EXEMPLO DA UNIÃO DE GEOMENBRANAS NA BASE E BANQUETAS	70
FIGURA 4.17 – CARREGAMENTO PROVISÓRIO DAS GEOMENBRANAS.....	71
FIGURA 4.18 – SOLDADURA POR TERMOFUSÃO DUPLA	71
FIGURA 4.19 – DANO DETECTADO NA GEOMENBRANA	72
FIGURA 4.20 – TABELA E ABACO DE DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C) .	75
FIGURA 4.21 – PARÂMETROS (A E B) DAS CURVAS I-D-F	76
FIGURA 4.22 – VISÃO GERAL DA CÉLULA A.....	78
FIGURA 4.23 – VISÃO GERAL DA CÉLULA B	78
FIGURA 4.24 – TALUDES DA BASE DA CÉLULA A1 COM MAIOR INCIDÊNCIA DE NASCENTE EFLUENTES.....	79
FIGURA 4.25 – PORMENORES DOS TALUDES DA BASE DA CÉLULA A1 COM MAIOR INCIDÊNCIA DE NASCENTE EFLUENTES.....	80
FIGURA 4.26 – SISTEMA DE DRENAGEM ÁGUA DE NASCENTE NO FUNDO DA CÉLULA A1 E BANQUETAS.....	82
FIGURA 4.27 – CÂMARA DE VISITA DAS ÁGUAS PLUVIAIS (MURO DE DIVISÃO).....	83
FIGURA 4.28 – ENVOLVENTES SUPERIOR E INFERIOR DE COTAS PIEZOMÉTRICAS DO NOVO SISTEMA ELEVATÓRIO.....	86

INDÍCE DE QUADROS

QUADRO 3.1 – DADOS CLIMATOLÓGICOS UTILIZADOS NA ESTIMATIVA DOS CAUDAIS DE LIXIVIADOS. INMG, (1991).	44
QUADRO 3.2 – ÁREAS DE CÉLULAS DA 3ª FASE COM RESÍDUOS EXPOSTOS À PRECIPITAÇÃO....	44
QUADRO 3.3 – CAUDAIS MÉDIOS MENSAIS DE LIXIVIADOS DAS CÉLULAS DA 3ª FASE PARA A SITUAÇÃO MAIS DESFAVORÁVEL.....	45
QUADRO 3.4 – CAUDAIS MÉDIOS MENSAIS DE LIXIVIADOS DAS CÉLULAS EXISTENTES	45
QUADRO 3.5 – CAUDAL DE PONTA.....	47
QUADRO 3.6 – CARACTERÍSTICAS DO POÇO DE BOMBAGEM.....	47
QUADRO 3.8 – CARACTERIZAÇÃO DO RAC NECESSÁRIO PARA O SISTEMA ELEVATÓRIO	52
QUADRO 3.10 – CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS PARA SERVIÇO DE INCÊNDIOS.....	54
QUADRO 4.1 – ÁREAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DAS CÉLULAS A1 E B.....	64
QUADRO 4.2 – FASEAMENTO DA CÉLULA B	64
QUADRO 4.3 – CARATERÍSTICAS DAS VALETAS A SEREM INSTALADA, CÉLULAS A1 E B.....	73
QUADRO 4.4 – PARÂMETROS (A E B) DAS CURVAS I-D-F, PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 10 ANOS.....	76
QUADRO 4.5 – DADOS CONSIDERADOS NO DIMENSIONAMENTO DO PROJETO	84
QUADRO 4.6 – COMPARAÇÃO DE VOLUMES E CAUDAIS DO RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO NECESSÁRIO PARA O SISTEMA.....	85
QUADRO 4.7 – DADOS ALTERADOS NO DIMENSIONAMENTO DO NOVO TRAÇADO.	86
QUADRO 4.8 – VOLUMES E CAUDAIS DO RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO NECESSÁRIOS, E COTAS PIEZOMÉTRICAS (ENVOLVENTES SUPERIOR E INFERIOR) DO NOVO SISTEMA ELEVATÓRIO.	87

LISTA DE ABREVIATURAS

(NH ₄) ₃ PO ₄	Fosfato de Amónio
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AS	Aterro Sanitário
ASTM	Método de Teste Padrão (Standard Test Method)
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COT	Carbono Orgânico Total
DIA	Declaração de Impacto Ambiental
DN	Diâmetro
EMA	Estação Meteorológica Automática
ETAL	Estação de Tratamento de Águas Lixivantes
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ETRS	Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos
FEDER	Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
GCL	Geocompósito Bentonítico
GCO	Geocompósito Drenante
GM	Geomembrana
GTX	Geotêxtil
H	Hidrogénio
H ₂ S	Sulfureto de Hidrogénio
HCl	Ácido Clorídrico
HF	Fluoreto de Hidrogénio
ICRSU	Instalação de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos
I-D-F	Intensidade-Duração-Frequência
IGSERV	Investimentos, Gestão e Serviços, S.A.
IIRHM	Instalação de Incineração de Resíduos Hospitalares e Matadouro
IIRSU	Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos
LER	Lista Europeia de Resíduos
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NH ₃	Amoníaco
NO ₂	Dióxido de Azoto
NO _x	Óxidos de Azoto
O ₂	Oxigénio
OI	Osiose Inversa
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PERSU	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos
PGQIG	Plano de Garantia de Qualidade da Instalação dos Geossintéticos
POVT	Programa Operacional Valorização do Território

QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
RAC	Reservatório de Ar Comprimido
RAM	Região Autónoma da Madeira
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SO2	Dióxido de Enxofre
UV	Ultravioleta
V.A.	Valor Ambiente

1 INTRODUÇÃO

O estágio que serviu de base à realização deste relatório consistiu no acompanhamento da construção da 3ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra, Freguesia da Camacha, Concelho de Santa Cruz, Região Autónoma da Madeira, a uma altitude aproximada de 1140 m.

Foi desenvolvido na empresa IGSERV - Investimentos, Gestão e Serviços, sob a orientação do Engenheiro Alexandre Mendes Borga, Professor Adjunto da Área Departamental de Engenharia Civil do ISEL, e da Engenheira Nélia Maria Sequeira de Sousa, coordenadora dos Departamentos de Obras e de Estudos e Planeamento do IGSERV, tendo uma duração de cerca de seis meses, com início a 20 de Março e termo a 30 de Setembro de 2013.

A Estação faz parte do sistema integrado de tratamento de resíduos da Ilha da Madeira e Porto Santo e é gerida pela Valor Ambiente, sendo o principal objetivo desta Sociedade a exploração e gestão do sistema de transferência, triagem, valorização e tratamento dos resíduos sólidos da Região Autónoma da Madeira.

A opção pelo estágio para a conclusão do Mestrado do curso de Engenharia Civil, na área de especialização de Hidráulica, fundamentou-se na oportunidade de relacionar o conhecimento académico com os aspetos práticos do exercício profissional na área de preparação de projeto, construção dos órgãos e equipamentos de um aterro sanitário, procurando responder aos seguintes objetivos:

- Compreender as diversas fases de construção previstas no projeto de execução;
- Adquirir a capacidade de identificar incompatibilidades no projeto face à realidade da obra, e de justificar as soluções adotadas;
- Aperfeiçoar o sentido crítico;
- Promover a capacidade de adaptação ao trabalho de equipa multidisciplinar;
- Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissional.

Estruturalmente, o relatório encontra-se dividido em 5 capítulos com o desenvolvimento que a seguir se descreve.

- **Capítulo 1** – Introdução, onde se descreve a temática do estágio, os objetivos e a estrutura adotada para a descrição de estágio curricular.

- **Capítulo 2** – A Estação de Tratamento, onde se escrevem os intervenientes da obra seguindo-se a descrição da estação de tratamento, órgãos e sistemas auxiliares do seu processo de funcionamento.
- **Capítulo 3** – III Fase do Aterro Sanitário, onde se descreve o enquadramento da obra e definição dos objetivos do projeto, seguindo-se a explicitação de algumas atividades, particularmente as mais relevantes, com descrição das características e processos construtivos utilizados nas diferentes especialidades afetas à 3ª Fase do AS.
- **Capítulo 4** – Atividades Desenvolvidas, onde se descrevem as atividades em que o autor deste trabalho teve intervenção específica, nomeadamente na alteração de projeto em relação a uma nova via de acesso à Estação de Tratamento; a execução de novas estatísticas de quantitativos de resíduos a depositar nas células de aterro implicando alterações das mesmas, devido à economia e por imposição das diretrizes Europeias para a gestão de resíduos; o estudo das áreas de implementação do sistema de proteção ambiental e suas alterações; a implementação e acompanhamento de um plano de garantia de qualidade da instalação do sistema de impermeabilização, elaborado pelo LNEC; o estudo da implementação de um sistema de drenagem de águas pluviais para dispersão em meio natural; o estudo, resolução e acompanhamento do desvio de águas de nascente do fundo de escavação da célula de aterro; alteração da drenagem de lixiviados da 3ª Fase do AS e verificação do dimensionamento do reservatório de ar comprimido para uma nova solução do sistema de elevação dos mesmos.
- **Capítulo 5** – Conclusão, onde se procura dar resposta aos objetivos inicialmente propostos e esclarecer de que forma é que a realização deste trabalho contribuiu para o desenvolvimento de competências pessoais e profissionais e as suas implicações para o futuro.

2 A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

2.1 As Empresas (IGSERV, VALOR AMBIENTE e AFAVIAS)

A **Valor Ambiente - Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.**, sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, é a entidade gestora do Sistema de Transferência, Triagem, Tratamento e Valorização de Resíduos da Região Autónoma da Madeira, mediante concessão em regime de serviço público e de exclusividade, representando a entidade adjudicante para o projeto de ampliação (3ª Fase do AS da Meia Serra).

Do concurso público para o referido projeto, resultou a adjudicação para a execução da empreitada de construção da 3ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra à empresa **AFAVIAS – Engenharia e Construções, SA.**

A **IGSERV - Investimentos, Gestão e Serviços, S.A.**, tem como competências a prestação de serviços transversais de suporte e apoio à Valor Ambiente, de modo a assegurar a gestão integrada dos diversos sectores de atividade e a prossecução de uma estratégia comum nas seguintes áreas, promovendo a gestão integrada dos diversos sectores de atividade e a prossecução de uma estratégia comum:

- Serviços jurídicos;
- Planeamento, execução de projetos de investimentos e cadastro de infraestrutura;
- Planeamento estratégico;
- Gestão de fundos comunitários;
- Controlo de qualidade e segurança;

2.2 A Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos

2.2.1 Enquadramento

Este capítulo foi redigido utilizando como base de apoio a memória descritiva do Projeto de Execução - Construção da 3ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra, o Programa de Monitorização Ambiental da ETRS da Meia Serra e a informação disponibilizada pela Valor Ambiente - Gestão e Administração de Resíduos da Madeira.

2.2.2 ETRS Meia Serra

A ETRS da Meia Serra faz parte de um sistema integrado de tratamento de resíduos da Ilha da Madeira e Porto Santo, sendo gerida pela Valor Ambiente. A estação constitui uma solução de valorização, tratamento e destino final de RSU, da matéria orgânica recolhida seletivamente e dos resíduos hospitalares e matadouro, sendo composta por quatro tipos de instalações de tratamento de resíduos: Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos (IIRSU), Instalação de Incineração de Resíduos Hospitalares e Matadouro (IIRHM), Instalação de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos (ICRSU) e a 2ª Fase do Aterro Sanitário (AS), (Figuras 2.2 e 2.3).

A ETRS da Meia Serra localiza-se na Freguesia da Camacha, Concelho de Santa Cruz, RAM, a uma altitude aproximada de 1140.00 m, (Figura 2.1).

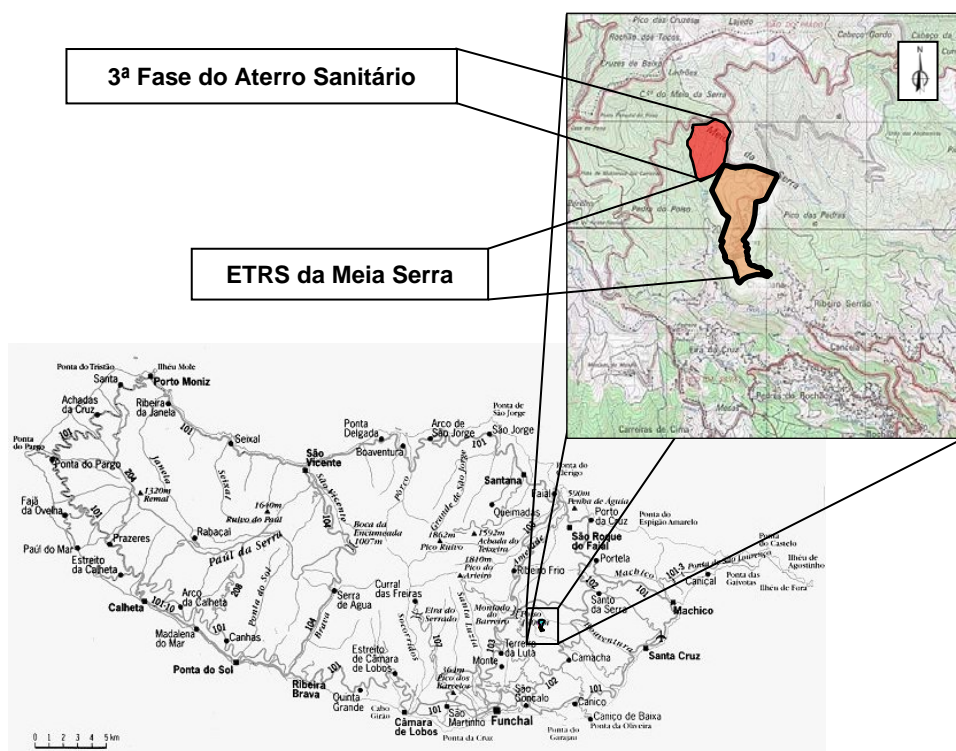


FIGURA 2.1 – LOCALIZAÇÃO DA ETRS, (VALOR AMBIENTE, (2010)).

A ETRS ainda tem como instalações e edifícios de apoio a ETAR/ETAL, plataforma de armazenagem, trituração e acondicionamento de pneus, básculas/portaria, oficinas e armazéns, edifício administrativo, edifício social e de apoio, sistema de alimentação de água e sistemas de deteção e combate a incêndios, (Figuras 2.2 e 2.3).



FIGURA 2.2 – VISTA AÉREA ETRS DA MEIA SERRA, (VALOR AMBIENTE, (2010)).

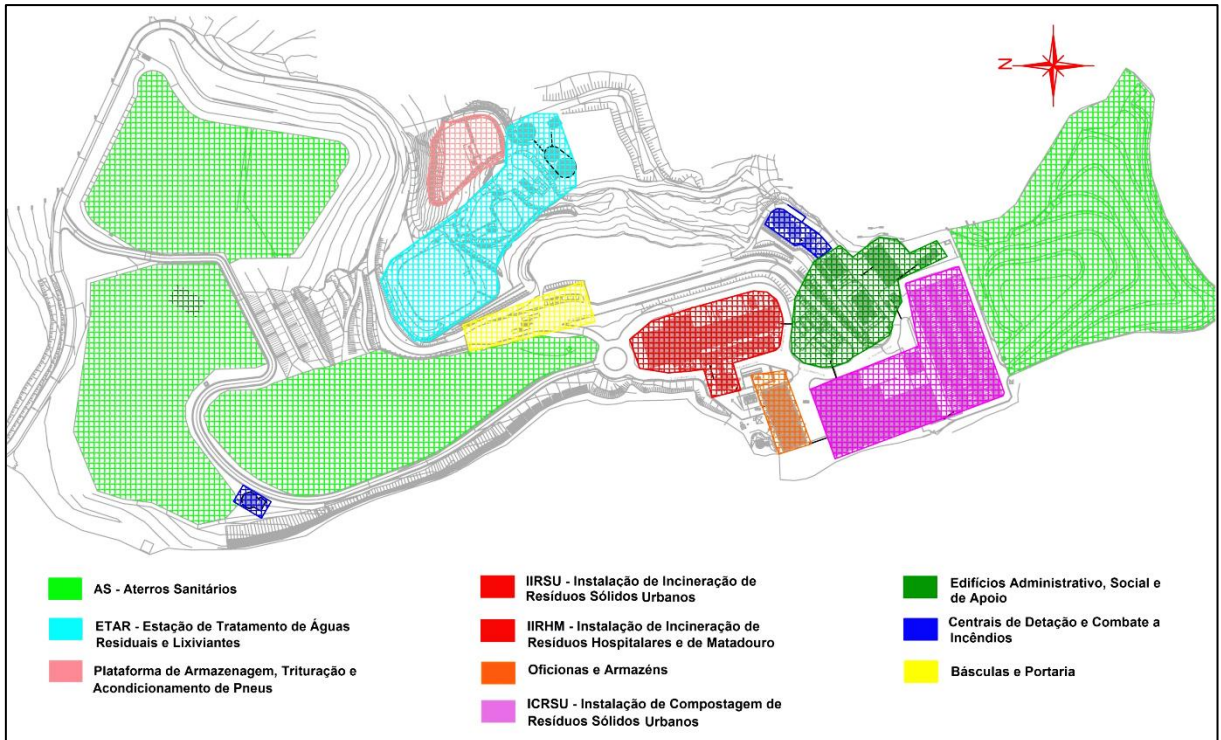


FIGURA 2.3 – PLANTA DA ETRS DA MEIA SERRA, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

Na área da ETRS, para além da 2ª fase B do aterro atualmente em operação, ainda se encontram aterros já sujeitos a requalificação ambiental com selagem, cobertura vegetal, rede

de drenagem de lixiviados e de biogás, sendo estes o Antigo Aterro, a 1ª Fase do Aterro Sanitário de RSU e a 2ª Fase A do Aterro Sanitário, com duas células, uma para cinzas inertizadas e outra para RSU e escórias.

A construção da ETRS da Meia Serra foi iniciada no final da década de 80, com conclusão em 1991, sendo dimensionada para tratar no seu horizonte de projeto 165 ton/dia, sendo nessa altura o primeiro sistema integrado de tratamento e destino final de RSU do País, composto por uma instalação de compostagem, complementada por dois incineradores: um com capacidade para processar 1 ton/h para refugos da compostagem e outro, com capacidade para processar 0,5 ton/h de resíduos hospitalares e matadouro, e um aterro de apoio.

No entanto, a estação não possuía capacidade para tratar a totalidade dos RSU produzidos na RAM, devido à sua crescente produção. Por esta razão, surgiu a necessidade imperiosa de adequar os tratamentos existentes na ETRS às diretrizes europeias e nacionais, bem como adotar uma solução integrada para a valorização, tratamento e confinamento dos resíduos, devidamente articulada com a valorização multimaterial, através de recolha seletiva e de reciclagem dos materiais, com capacidade de processamento dos RSU de toda a região.

Em Fevereiro de 1997 foi lançado pela Ex-Secretaria Regional do Equipamento Social e Ambiente, em conjunto com a Direção Regional de Saneamento Básico, o Concurso Público para a “Conceção, Construção e Operação da Ampliação e Remodelação da ETRS da Meia Serra”, tendo início em 1999 a “Obra de Ampliação e Remodelação da atual ETRS da Meia Serra”, englobando as seguintes intervenções:

- Construção de uma Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos (IIRSU);
- Construção de uma Instalação de Incineração de Resíduos Hospitalares e Matadouros (IIRHM);
- Remodelação e Ampliação das Instalações de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos (ICRSU) existentes;
- Construção da 2ª Fase do Aterro Sanitário;
- Construção de uma estação de tratamento de águas residuais e lixivantes (ETAR/ETAL), para servir todas as instalações da Meia Serra.

No âmbito da análise de alternativas de localização da ETRS, foi realizado um Estudo Preliminar de Impacte, envolvendo a comparação de dois locais distintos: Meia Serra e Águas Mansas.

De acordo com o referido estudo, a localização da Meia Serra apresentava (devido às características topográficas favoráveis) condições mais propícias à boa dispersão atmosférica de gases e fumos, um maior isolamento em relação a zonas urbanas ou residenciais rurais, e menor presença de aglomerados populacionais ao longo do percurso das viaturas de transporte, razão pela qual os incómodos provocados à população seriam mais reduzidos.

Uma das grandes vantagens da localização da ETRS na Meia Serra seria esta constituir um fator determinante para a reabilitação da estação existente e retificação das disfunções ambientais que se verificavam devido à utilização de tecnologias não ajustadas aos requisitos de proteção ambiental, nomeadamente no que dizia respeito à incineração de resíduos hospitalares e matadouro.

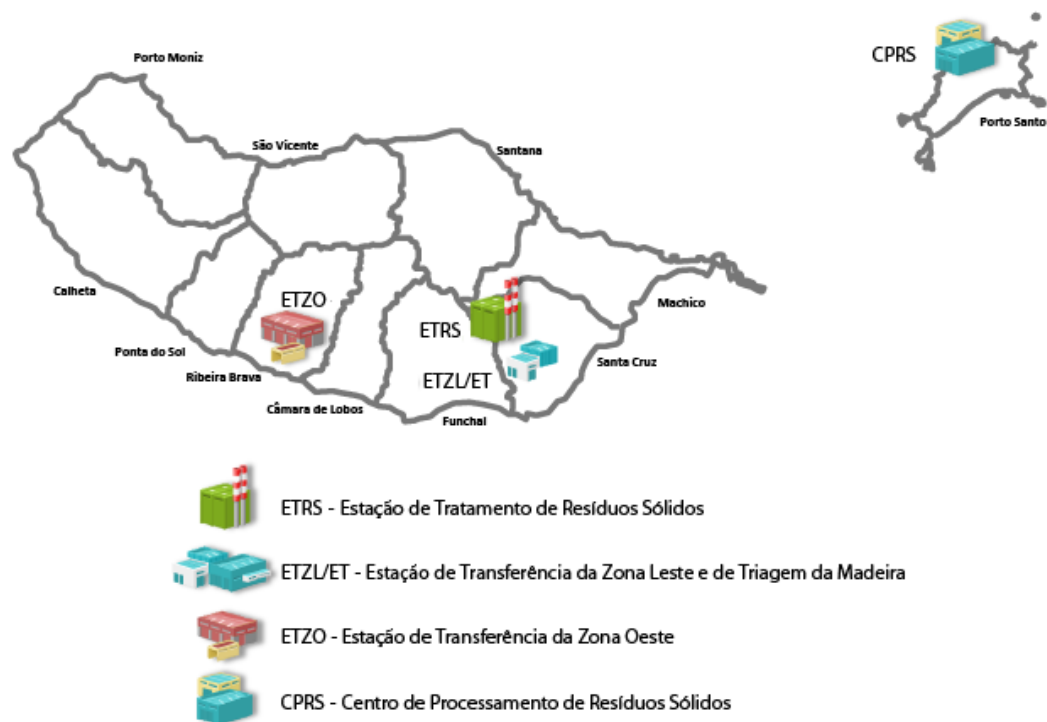


FIGURA 2.4 – INFRAESTRUTURAS DO SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA, TRIAGEM, TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS DA RAM, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2013)).

A solução integrada para a valorização, tratamento e confinamento dos resíduos, articulada com a valorização multimaterial, através de recolha seletiva e de reciclagem dos materiais, além da “Conceção, Construção, Operação da Ampliação e Remodelação da ETRS da Meia Serra”, contou com a construção do Centro de Processamento de Resíduos Sólidos do Porto Santo (CPRS), da Estação de Transferência da Zona Oeste na Ribeira Brava (ETZO), da Estação de Transferência da Zona Leste no Porto Novo (ETZL) e da Estação de Triagem da Madeira no Porto Novo (ET), o fornecimento de equipamento de recolha seletiva e realização

de campanhas de sensibilização ambiental. Na Figura 2.4 podem ser observadas as infraestruturas que compõem o sistema de transferência, triagem, tratamento e valorização de resíduos urbanos da RAM.

2.2.3 Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos

A IIRSU tem como objetivo o tratamento dos RSU produzidos na RAM, e é constituída por duas linhas de combustão tipo incineração em massa, “*Mass Burning*”, com capacidade unitária de 8 ton/h com recuperação de energia, com funcionamento de 24 horas diárias, durante 8.000 horas anuais, (Figura 2.5).



FIGURA 2.5 – IIRSU - INSTALAÇÃO DE INCINERAÇÃO DE RSU, (VALOR AMBIENTE, (2013)).

As linhas incineradoras são constituídas por duas câmaras de combustão: uma câmara primária, onde ocorre a combustão na fase sólida, e uma secundária onde ocorre a combustão na fase gasosa.

Cada linha de incineração possui um sistema de tratamento de gases independente. Os gases são inicialmente depurados no interior da caldeira, através da injeção de uma solução de ureia, para redução das emissões de óxidos de azoto (NO_x), a uma temperatura aproximada de 850°C a 950°C. Seguidamente são depurados à saída da caldeira, num depurador semi-húmido, onde são transformados através de neutralização com uma suspensão de cal viva, carvão ativado e água, designada por leite de cal, que remove gases ácidos, dioxinas, furanos e metais pesados. O sistema de tratamento de gases completa-se com um filtro de mangas, para a remoção de partículas em suspensão.

As instalações possuem equipamentos nas chaminés, que medem continuamente as emissões atmosféricas de Dióxido de Carbono (CO), Óxidos de Azoto (NO_x), Dióxido de Enxofre

(SO₂), Ácido Clorídrico (HCl), Fluoreto de Hidrogénio (HF), Carbono Orgânico Total (COT) e partículas, de modo a monitorizar a quantidade de poluentes emitidos processo de incineração.

A instalação ainda possui uma turbina, Figura 2.6, com capacidade nominal de 8 MWh. O vapor de água produzido na caldeira é encaminhado para o grupo turbo gerador, onde faz girar as pás da turbina, possibilitando a produção de energia elétrica. A energia elétrica produzida é usada no funcionamento da estação, cerca de 29%, e a maior fração da energia produzida, cerca de 71%, é fornecida à rede de distribuição pública da Empresa de Eletricidade da Madeira. Segundo a V.A., (2013)

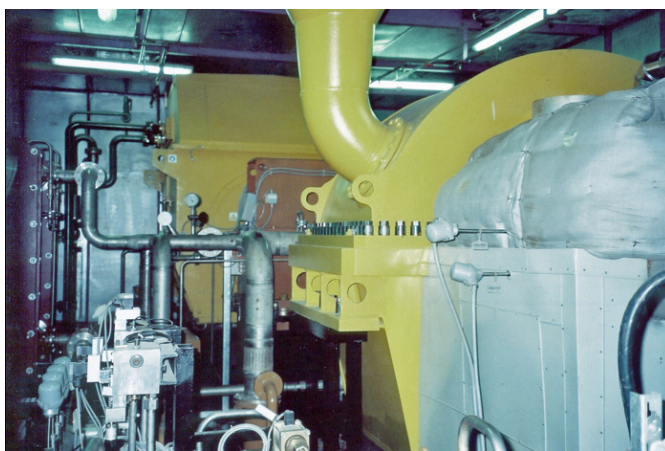


FIGURA 2.6 – SALA DA TURBINA, (VALOR AMBIENTE, (2010)).

2.2.4 Instalação de Incineração de Resíduos Hospitalares e Matadouro

A IIRHM não se encontra em funcionamento, devido a um litígio com os respetivos construtores e instaladores por questões de ordem técnica.

Atualmente os resíduos hospitalares perigosos são rececionados na ETRS e encaminhados para tratamento adequado através de operadores devidamente licenciados e sediados no Continente. Não obstante, apresenta-se no entanto a descrição breve do seu modo de funcionamento.

A IIRHM tem como objetivo tratar os resíduos hospitalares e os de matadouros produzidos na RAM e possui duas linhas de combustão com funcionamento idêntico ao da IIRSU, com capacidade unitária de 0,5 ton/h.

Os resíduos hospitalares chegam à ETRS em contentores de plástico hermeticamente fechados, que são incinerados em conjunto com os seus resíduos, ao passo que resíduos de

matadouros chegam acondicionados em sacos de plástico no interior de contentores de 120 Litros reutilizáveis.

As escórias, após a separação dos componentes metálicos por meio de separadores magnéticos, são levadas para o aterro de RSU e as cinzas são inertizadas com cimento e outros aditivos, sendo posteriormente depositados no aterro de cinzas inertizadas.

2.2.5 Instalação de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos

A ICRSU com capacidade de tratamento de 60 ton/dia, tem como objetivo a produção de composto para utilização agrícola pelo processo de compostagem aeróbia, a partir da fração orgânica dos RSU, recolhida seletivamente junto dos grandes produtores de resíduos orgânicos (hotéis, cantinas, supermercados, etc.).

O processo de compostagem inicia-se com um tratamento físico (tratamento primário), que permite retirar dos resíduos orgânicos os materiais indesejáveis como metais (crivo rotativo e sistemas de separação de metais ferrosos), plásticos, vidros entre outros (cabine de triagem manual), e misturar os resíduos com um material estruturante (sistema de trituração de ramagens para material estruturante), (Figura 2.7).



FIGURA 2.7 – COMPOSTAGEM (TRATAMENTO PRIMÁRIO), (VALOR AMBIENTE, (2013)).

Após o tratamento primário, os resíduos orgânicos são depositados numa nave fechada de fermentação/maturação, Figura 2.8, que inclui um sistema de arejamento de ar operado em depressão, através de grelhas sob o leito de resíduos, e um sistema de revolvimento e transporte mecânico automático onde se desenvolve, durante aproximadamente 10 semanas, o tratamento biológico (processos biológicos de fermentação e de maturação).



FIGURA 2.8 – NAVE DE MATURAÇÃO/FERMENTAÇÃO, (VALOR AMBIENTE, (2013)).

O ar extraído da nave de fermentação é tratado num sistema de lavagem e libertado para a atmosfera através de biofiltros, de forma a eliminar os odores desagradáveis. O filtro biológico utilizado consiste numa camada de entrada em madeira de raiz quebrada e desfibrada, e uma camada filtrante de aparas de cascas de árvore.

À saída do parque de fermentação/maturação, o composto é conduzido ao sistema de afinação, onde é sujeito novamente a processos de crivagem (crivo rotativo), separação densimétrica (ciclones) e separação de pedras e vidro (transportador vibratório), após o qual poderá ser carregado a granel em camiões, ensacado ou armazenado numa área coberta com capacidade para quase 6 meses de produção.

O composto afinado constitui uma substância húmica estabilizada, com características fertilizantes, que pode ser utilizado como um corretor de solos na agricultura ou floricultura.

Atualmente os resíduos verdes não estão a ser valorizados através do processo de compostagem por três razões essenciais: o elevado custo do produto final; consequente dificuldade na sua comercialização; e necessidade de aproveitamento dos resíduos verdes para queima e produção de energia elétrica, como forma de compensar a drástica redução anual do volume de resíduos indiferenciados recebidos na ETRS, estimando-se para o presente ano de 2013 uma tendência semelhante para redução. Esta redução decorre provavelmente da contração do consumo regional na atual conjuntura económica e financeira desfavorável para o País e Região.

2.2.6 2ª Fase B do Aterro Sanitário

O aterro atualmente em exploração na ETRS da Meia Serra (2ª Fase B), é composto por duas células, em que numa são depositados os RSU e escórias, e na outra são depositadas as cinzas inertizadas provenientes das Instalações de Incineração. Estas células encontram-se dentro do perímetro da ETRS a Este das células que constituem o aterro sanitário da 2ª Fase A da ampliação da ETRS da Meia Serra que de momento já se encontra em fase de selagem, (Figura 2.9).

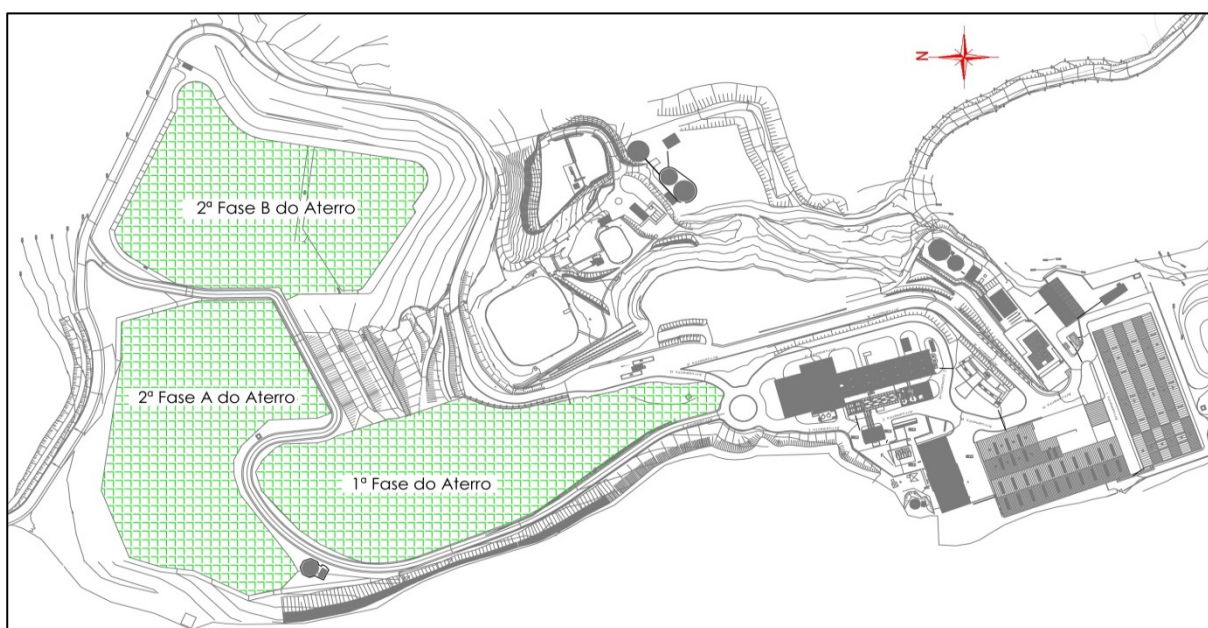


FIGURA 2.9 – PLANTA DA ETRS DA MEIA SERRA, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).



FIGURA 2.10 – CÉLULAS 2ª FASE B (À ESQUERDA RSU E ESCÓRIAS, À DIREITA CINZAS INERTIZADAS), (VALOR AMBIENTE, (2013)).

A 2ª Fase B, Figura 2.10, ocupa uma área de implantação de 4,6 hectares, sendo que as células ocupam uma área total aproximada de 3,4 hectares, em que cerca de 2,3 hectares são ocupados pela célula destinada aos resíduos sólidos urbanos e escórias, com um volume de

encaixe para resíduos com cerca de 210.000 m³. Os restantes 1,1 hectares são ocupados pela célula destinada a cinzas inertizadas, correspondendo a um volume de encaixe de cerca de 82.400 m³, (Figura 2.10).

Para a construção desta fase foram aplicadas todas as exigências impostas na legislação em vigor, relativamente à realização de todos os sistemas de proteção ambiental:

- Proteção do solo e das águas, através da realização de um sistema de impermeabilização, incluindo barreira geológica e geomembrana de impermeabilização em PEAD;
- Controlo das águas lixiviantes, através da realização de um sistema de drenagem, captação e tratamento das águas lixiviantes;
- Controlo dos gases de aterros com drenagem, recolha e queima do biogás.

De forma a permitir uma exploração mais eficaz, ambas as células possuem um sistema de drenagem das águas pluviais, reduzindo a quantidade de lixiviados, e a célula de RSU e escórias conta também com um sistema de drenagem de biogás. Na Figura 2.11 pode ser observado diagrama dos aterros sanitários em funcionamento.

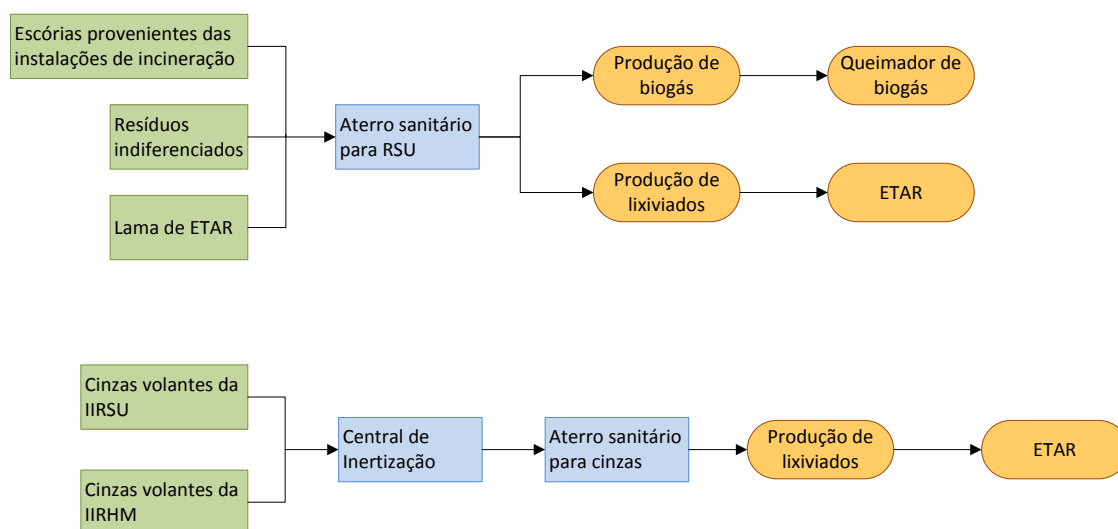


FIGURA 2.11 – ESQUEMA GERAL DE FUNCIONAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2013)).

2.2.7 Sistema de Drenagem de Lixiviados

A drenagem das águas lixiviantes que se formam após o atravessamento da massa de resíduos na 2ª Fase B do Aterro Sanitário, é garantida através de valas drenantes no fundo das células e por uma vala intermédia no caso da célula de RSU e escórias. No interior das valas estão

instalados drenos de PEAD ranhurados, sendo o restante volume da vala cheio com brita, garantindo uma camada de drenagem na própria vala.

As águas lixiviantes captadas no interior das células são encaminhadas por um sistema de drenagem até poços localizados no interior das respectivas células. Estes poços estão interligados, iniciando-se um coletor gravítico que conduz os lixiviados para o exterior das células, sendo o transporte dos lixiviados até a estação de tratamento garantido através de uma adutora de lixiviados, localizada ao longo da via de circulação interna da ETRS.

2.2.8 Sistema de Drenagem e Queima de Biogás

Na 2ª Fase B a célula de cinzas não apresenta formação de biogás, devido ao baixíssimo teor de matéria orgânica do resíduo depositado. As cinzas de incineração são constituídas sobretudo por materiais inorgânicos que ficam encapsulados no processo de inertização, antes de serem encaminhadas para aterro. Por este motivo, não é necessário qualquer tipo de sistema de drenagem, captação e queima de biogás nesta célula.

No caso da célula para a deposição de RSU e devido à decomposição da componente orgânica do resíduo, ocorre a formação de biogás. No entanto, grande parte dos resíduos a depositar é composto basicamente por escórias. Neste âmbito, a geração de biogás prevista não é significativa, devido ao baixo teor em matéria orgânica desse tipo de resíduos.

No entanto, uma vez que se procede à deposição de RSU na célula para situações de paragem accidental ou programada da instalação de incineração, existem cinco drenos verticais que arrancam perpendicularmente ao fundo da célula a partir do terceiro metro de resíduos depositados e compactados, crescendo juntamente com as camadas de resíduos.

2.2.9 Estação de Tratamento de Águas Residuais e Lixiviantes

O tratamento das águas residuais produzidas na ETRS da Meia Serra e das águas lixiviantes provenientes dos aterros sanitários é assegurado pela própria ETAR/ETAL estação de tratamento de águas residuais e lixiviantes da ETRS.

A instalação compreende três sistemas independentes de tratamento: tratamento primário ou biológico efetuado numa lagoa de arejamento; tratamento físico-químico, com adição de reagentes químicos e desidratação das lamas formadas; e por ultimo, o processo terciário de OI, (Figura 2.12).

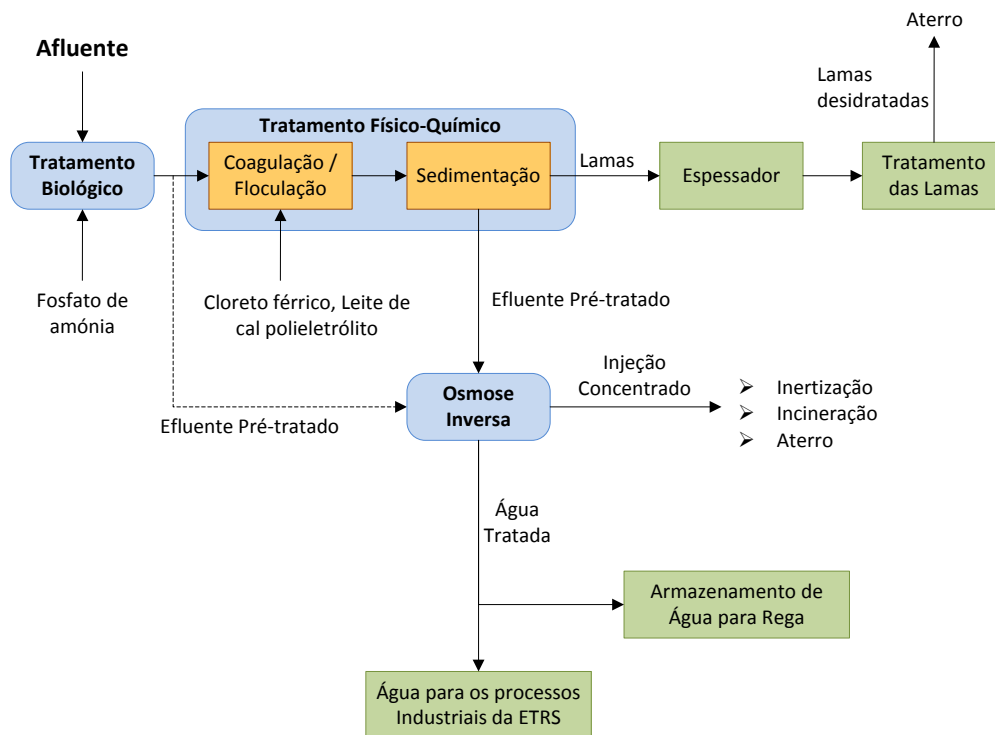


FIGURA 2.12 – ESQUEMA DE TRATAMENTO DA ETAR/ETAL DA ETRS DA MEIA SERRA FASE B, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2013)).

2.2.9.1 Tratamento Biológico

O tratamento biológico é composto por uma lagoa de arejamento com capacidade para 17500 m³, possuindo 4 arejadores de superfície, de funcionamento alternado, efetuando a mistura completa da massa de águas, (Figura 2.13).



FIGURA 2.13 – ETAR/ETAL - LAGOA DE AREJAMENTO, (VALOR AMBIENTE, (2013)).

Nesta fase do processo são adicionados, nutrientes aos microrganismos existentes na água, sob a forma de Fosfato de Amónio ((NH₄)₃PO₄). Os arejadores contribuem para o aumento de oxigénio fornecido aos microrganismos, sendo estes responsáveis pela degradação da carga orgânica existente nas águas.

2.2.9.2 Tratamento Físico-Químico

O tratamento físico-químico é efetuado em etapas contínuas de floculação e coagulação, sedimentação e decantação.

A coagulação consiste em adicionar leite de cal, polieletrólito e cloreto férrico num tanque de mistura rápida, para promover a dispersão dos reagentes nas águas, bem como para agregação de partículas coloidais.

Posteriormente, estas águas passam para o processo de floculação, que ocorre num tanque de agitação lenta, promovendo assim o aumento da dimensão dos núcleos de coagulação e favorecendo a sua precipitação.

A jusante do processo de floculação e coagulação encontra-se um sedimentador, onde os sólidos suspensos na água sedimentam por gravidade, formando-se no fundo do sedimentador as lamas, que ainda ficam posteriormente sujeitas a uma sedimentação num espessador estático.

As águas tratadas no sedimentador são encaminhadas para o tratamento terciário de osmose inversa.

2.2.9.3 Osmose Inversa

A OI é um processo de tratamento de água que remove a maioria dos componentes orgânicos e até 99% de todos os iões, bem como elimina cerca de 99,9% dos vírus, bactérias e colóides.

A osmose natural representa o movimento gerado entre meios com concentrações diferentes, separados por uma barreira formada por uma membrana semipermeável, ou seja, a água movimenta-se de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado, obtendo-se a mesma concentração em ambos os meios.

Com a utilização da OI recorre-se, com um único processo, à purificação da água ao nível físico-químico e bacteriológico, em que neste caso utiliza-se uma pressão superior à pressão

osmótica para forçar a passagem de água através da membrana semipermeável, no sentido inverso ao da osmose natural.

Ao contrário da filtração convencional, em que os "contaminantes" são retidos dentro ou na superfície do filtro, na osmose inversa o soluto e os sólidos são eliminados pelo fluxo transversal do rejeitado.

O processo de OI instalado na ETRS da Meia Serra, Figura 2.14, inicia-se com uma pré-filtragem (filtros de areia) das águas tratadas provenientes do sedimentador. Posteriormente as águas passam para o 1º nível da OI, sendo sujeitas a uma pressão de 65 bar, e originando o permeado e o concentrado. O permeado passa para o 2º nível da OI e é novamente sujeito a uma pressão de 65 bar. O concentrado passa para o 3º nível da OI e é exposto a uma pressão de 150 bar.

O rejeitado resultante (concentrado) deste processo é tratado/eliminado por uma das seguintes vias:

- Como água de mistura para a inertização dos resíduos de incineração da IIRSU e da IIRHM;
- Incineração de uma parte do concentrado na IIRSU ou na IIRHM por transferência direta para a tremonha de alimentação de resíduos;
- Injeção no aterro sanitário.



FIGURA 2.14 – ETAR – INSTALAÇÃO DE OSMOSE INVERSA, (VALOR AMBIENTE, (2013)).

O efluente final da ETAR corresponde ao permeado da OI, que representa cerca de 10 m³/h, cuja elevada qualidade permite a sua reutilização total interna. As principais utilizações são nos processos industriais da ETRS, rega e lavagens.

2.2.9.4 Tratamento das Lamas

As lamas concentradas no espessador são posteriormente desidratadas num tratamento mecânico, que consiste na prensagem num filtro de prensa, após a adição de um polieletrólito, e enviadas para o aterro sanitário.

2.2.10 Plataforma de Armazenagem, Trituração e Acondicionamento de Pneus

A plataforma de armazenagem, trituração e acondicionamento de pneus tem como objetivo o armazenamento e trituração dos pneus usados, para posterior acondicionamento em contentores e exportação para a indústria recicladora no Continente.

Esta é constituída por duas plataformas desniveladas uma plataforma superior para armazenagem e trituração dos pneus usados numa trituradora, e uma plataforma inferior para acondicionar os mesmos em contentores marítimos, (Figuras 2.15).



FIGURA 2.15 – PLATAFORMA DE ARMAZENAGEM E TRITURAÇÃO, E ACONDICIONAMENTO DE PNEUS, (VALOR AMBIENTE, (2013)).

2.3 Monitorização Ambiental

O Plano de Monitorização Ambiental da ETRS abrange as componentes ambientais estabelecidas pela legislação específica dos sectores de atividade desenvolvidas, designadamente o Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de Abril, relativo à incineração de resíduos, Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, relativo à deposição de resíduos em aterro e Decreto-lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, relativo à qualidade da água.

2.3.1 Monitorização da Qualidade do Ar e Poluentes Atmosféricos a Nível do Solo

O controlo da qualidade do ar é realizado a partir dos dados obtidos em três estações de monitorização instaladas na localidade do Poiso, Pico da Silva e Ribeiro Serrão, a cerca de 2,0 Km de distância da ETRS. As estações englobam a medição em contínuo, dos parâmetros das emissões das instalações de incineração da ETRS da Meia Serra, registando-se as concentrações de Dióxido de Enxofre (SO₂), Óxidos de Azoto (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), partículas em suspensão, Ácido Clorídrico (HCl), Fluoreto De Hidrogénio (HF), Amoníaco (NH₃) e Carbono Orgânico Total (COT).

É ainda realizada a monitorização dos poluentes emitidos da ETRS ao nível do solo, utilizando uma técnica de amostragem composta, sendo recolhido semestralmente cerca de 1,0 a 1,5 kg de solo, em cada um dos locais de monitorização da qualidade do ar: Poiso, Pico da Silva e Ribeiro Serrão.

2.3.2 Monitorização das Condições Meteorológicas

A monitorização das condições meteorológicas tem como objetivo analisar as condições prevalentes no local da Meia Serra, como forma de controlo e gestão da monitorização a ser realizada no âmbito da qualidade do ar e das áreas relacionadas, tais como os poluentes atmosféricos ao nível do solo, efeitos potenciais na flora e fauna e na saúde humana.

A partir da Estação Meteorológica Automática (EMA), instalada na ETRS da Meia Serra, são monitorizados em contínuo os parâmetros de direção e velocidade do vento, temperatura, precipitação, humidade relativa, radiação solar e evaporação.

Os parâmetros meteorológicos permitem, igualmente, o cálculo de balanços hídricos para a avaliação da formação de lixiviados ou verificação de fugas no sistema de recolha e drenagem.

2.3.3 Monitorização de Gases

A monitorização do biogás resultante dos aterros consiste na realização de amostragens aos parâmetros de Metano (CH₄), Dióxido de Carbono (CO₂), Oxigénio (O₂), Sulfureto de Hidrogénio (H₂S), Dióxido de Azoto (NO₂), Monóxido de Carbono (CO) e Hidrogénio (H).

As frequências de amostragem para efetuar a caracterização das emissões atmosféricas dos aterros dependem do estágio de desenvolvimento do aterro, são periódicas mensais no caso de aterros em exploração e semestrais no caso de aterros encerrados.

As medições são efetuadas nos poços de biogás e à entrada do queimador, quando operacional.

2.3.4 Monitorização das Águas Superficiais e Subterrâneas

Com o objetivo de monitorizar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas da ETRS e sua envolvente são efetuadas amostragens a 8 secções de águas superficiais e 15 secções de águas subterrâneas, das quais 12 estão afetas a piezómetros.

Entre outros, os parâmetros analisados nas amostras de águas superficiais e subterrâneas são, consoante a natureza da secção a amostrar, os constantes dos seguintes diplomas:

- Anexo XVI (Qualidade das águas destinadas à rega) e XXI (Objetivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais) do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, no aplicável;
- Anexos I e II (Normas de Qualidade Ambiental (NQA) para as substâncias prioritárias e para outros poluentes) do Decreto-Lei n.º 103/2010, de 24 de Setembro;
- Tabela n.º 2 do Anexo III (Parte B) (Controlo das águas subterrâneas) do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, no aplicável;

2.3.5 Monitorização das Águas Residuais, Lixiviados e Efluentes Reciculados para o Aterro

O acompanhamento da qualidade dos lixiviados, águas residuais e efluentes reciclados para o aterro da ETRS da Meia Serra inclui a amostragem de 6 secções de lixiviados, 4 secções de águas residuais e 2 secções de efluentes reciclados para o aterro da ETRS da Meia Serra, sendo as amostras enviadas posteriormente para laboratório externo para a realização de ensaios laboratoriais.

Os parâmetros de análise semestral dos lixiviados produzidos nos aterros encerrados da ETRS da Meia Serra correspondem aos estabelecidos na tabela n.º 1 do anexo III do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, Parte B, no aplicável.

Os parâmetros de análise dos lixiviados produzidos nos aterros em operação da ETRS correspondem aos estabelecidos na tabela n.º 1 do anexo III do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, Parte A no aplicável, bem como aos recomendados no Manual de Boas Práticas da APA – “Recirculação para Aterro do Concentrado de Unidades de Osmose Inversa e de Afluente e Lamas”.

Os parâmetros de análise do efluente resultante do tratamento físico-químico da ETAR são, entre outros, os fixados no Anexo XVIII (Valores Limite de Emissão na descarga de águas residuais) do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, no aplicável.

2.3.6 Monitorização Assentamentos e Enchimento de Células

Esta monitorização tem por objetivo o controlo de assentamentos e do enchimento dos aterros da ETRS da Meia Serra através do seguinte procedimento anual:

- Controlo dos potenciais assentamentos do terreno e da massa de resíduos depositados, mediante a colocação de marcos topográficos.
- Realização de um levantamento topográfico da massa de resíduos depositados no aterro por forma a tornar possível a comparação e a sobreposição dos resultados anteriores
- Redefinição das cotas e elaboração de um plano de enchimento das células.

A avaliação dos parâmetros indicativos do estado das células permitem determinar a superfície ocupada pelos resíduos, volume e composição dos resíduos depositados, métodos de deposição utilizados e cálculo da capacidade de deposição ainda disponível no aterro.

3 III FASE DO ATERRO SANITÁRIO

3.1 Objetivos e Justificação do Projeto

A atuação da V.A. no domínio dos resíduos sólidos tem subjacente uma estratégia de gestão integrada, assente em processos de valorização multimaterial, reciclagem, compostagem e incineração com recuperação energética, contribuindo deste modo para a preservação dos recursos naturais na RAM.

Num sistema de gestão integrada de resíduos sólidos, o aterro sanitário é uma infraestrutura imprescindível, na perspetiva de fim de linha, já que há que dar destino adequado aos resíduos que resultam dos vários processos de tratamento, em particular da incineração, bem como aos resíduos sólidos urbanos em situações de paragem accidental ou programada das instalações.

O projeto em execução consiste na construção de um aterro sanitário (3ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra) com o objetivo, de assegurar um local de deposição adequado aos resíduos que resultam dos vários processos de tratamento, estando a 2ª fase do aterro sanitário de apoio à ETRS da Meia Serra a atingir a sua capacidade nominal e, conseqüentemente, sofrendo o processo de selagem para seu encerramento.

A ampliação tem como objetivo dar continuidade ao Projeto “Unidade de Valorização de Resíduos Sólidos da Ilha da Madeira”, 1ª e 2ª Fases, participado pelo Fundo de Coesão da União Europeia, o qual visou contribuir de forma integrada e tecnicamente adequada para a resolução dos problemas da recolha, triagem, tratamento, valorização e destino final dos resíduos produzidos nas Ilhas da Madeira e Porto Santo, contribuindo para a melhoria da qualidade do ambiente, da saúde pública e da qualidade de vida da população.

A 3ª Fase do AS é apoiada pelo POVT e licenciada pela Secretaria Regional do Ambiente e dos Recursos Naturais. As ações e os investimentos, no âmbito do POVT, com apoio dos fundos comunitários do FEDER e do Fundo de Coesão, inscrevem nos seus objetivos essenciais: superar os défices de conectividade internacional e de mobilidade e acessibilidade nacionais, atenuando a situação periférica do país e das suas regiões no contexto global; consolidar as redes, as infraestruturas e os equipamentos relevantes para a competitividade e coesão; e ainda a estruturação do território nacional, promovendo o desenvolvimento urbano policêntrico, reforçando a articulação das cidades com as respetivas áreas envolventes e a qualificação dos espaços urbanos, com o objetivo de preservar e valorizar os recursos naturais, a biodiversidade e o património natural, qualificando os serviços ambientais. Assim

garantindo-se a sua universalidade e a sustentabilidade, prevenindo, gerindo e monitorizando os riscos naturais e tecnológicos, sendo o seu contributo muito relevante para a concretização dos grandes objetivos do QREN.

A atuação POVT desenvolve-se em forte articulação com os Programas Operacionais Regionais do Continente e das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, maximizando as respetivas complementaridades de atuação, e reforçando a ação de cada um dos Programas Operacionais envolvidos, segundo POVT, (2013).

Os objetivos estratégicos para as intervenções previstas no Eixo Prioritário IV – Redes e Equipamentos Estruturantes na RAM (POVT - EIXO IV), passam por consolidar as estruturas de gestão ambiental de 1ª geração, contribuir para a diminuição das emissões de Dióxido de Carbono, garantir reservas energéticas, melhorar os níveis de eficiência e de segurança do transporte terrestre e marítimo e corrigir as vulnerabilidades da Ilha da Madeira, em matéria de prevenção e gestão de riscos, no que respeita a torrentes e aluviões em zonas críticas. No entanto no desenvolvimento da 3ª Fase do AS, a operacionalização do seu objetivo, de consolidar as estruturas de gestão ambiental de 1ª geração, cinge-se ao seguimento da linha estratégia de ação, do apoio à estratégia regional para o ambiente no domínio da gestão dos resíduos, numa perspetiva de promoção do desenvolvimento sustentável.

As intervenções previstas neste Eixo têm como âmbito geográfico, o território da RAM e têm como uma das suas intervenções previstas, o desenvolvimento de infraestruturas no domínio dos resíduos sólidos, nomeadamente a 3ª Fase do AS na área anexa à ETRS da Meia Serra.

Em síntese, a construção do aterro sanitário em estudo configura uma solução técnica e ambientalmente correta, que resolverá o problema do destino final dos resíduos sólidos resultantes dos processos de tratamento instalados na ETRS da Meia Serra e dos recebidos e não passíveis de tratamento por incineração e/ou compostagem, constituindo uma alternativa à instalação atualmente em utilização, sendo que a curto prazo, atingirá a sua capacidade limite.

3.2 Conceção Geral

O estudo de conceção para a 3ª Fase do AS teve presente o complexo atual de instalações de resíduos da Meia Serra e as funcionalidades e interdependências entre elas, bem como as infraestruturas existentes e que se inserem numa lógica de funcionamento integrado.

A solução adotada para a implementação da 3ª Fase do AS, consiste na utilização de um terreno com uma área de cerca de 16 hectares, situado na área envolvente da Meia Serra, a noroeste das células de deposição da 1ª e 2ª Fase do Aterro Sanitário e das instalações de incineração, compostagem e tratamento de lixiviados.

Inicia-se a Sudoeste à cota 1090.00 m no seu ponto mais baixo e termina a Nordeste à cota 1232.00 m, o ponto mais alto do terreno, podendo consequentemente beneficiar das infraestruturas existentes, nomeadamente a ETAR/ETAL mas também dos acessos, báscula, instalações sociais e oficinas. Decorrente deste benefício, a área destinada à 3ª Fase do AS é praticamente toda aproveitada para a construção das células de deposição, quer de RSU e escórias, quer dos resíduos de tratamento dos gases de combustão, após inertização (cinzas inertizadas), ficando como reserva para futura ampliação uma zona situada a oeste do local de implantação da 3ª Fase, (Figura 3.1).

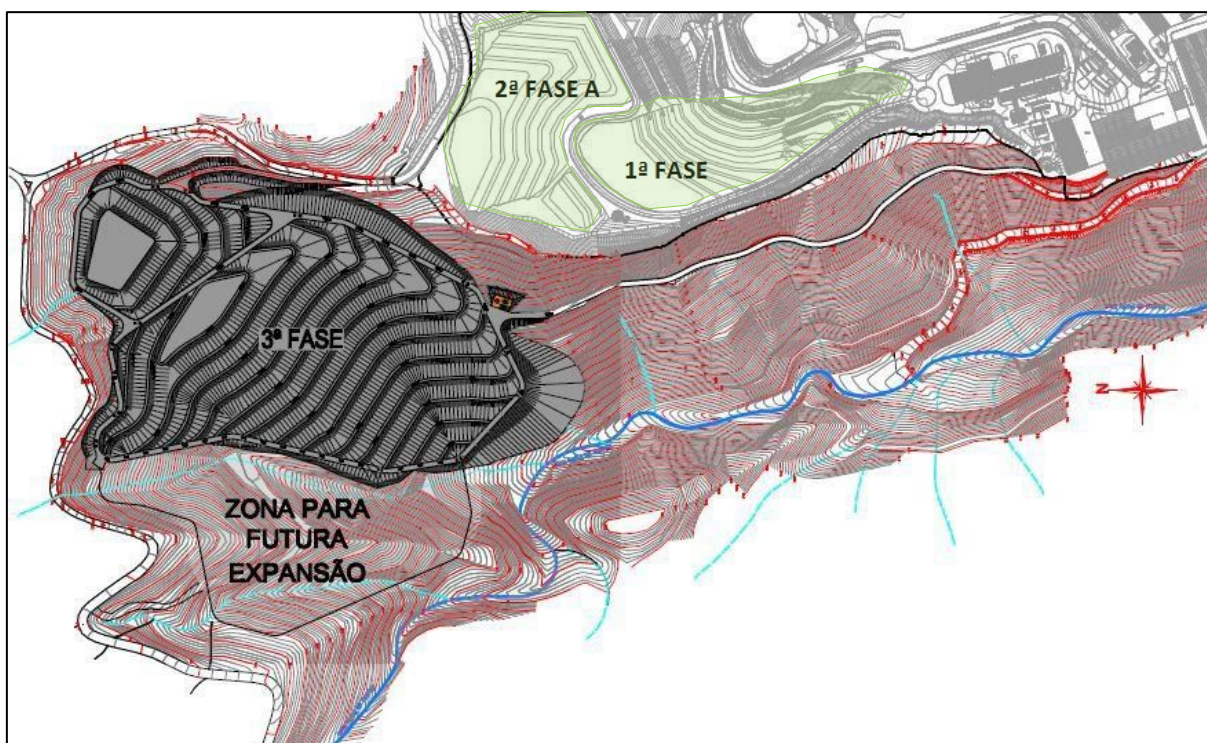


FIGURA 3.1 – ZONA DE EXPANSÃO DO ATERRO. 3ª FASE E DE FUTURA EXPANSÃO, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

A localização na área adjacente constitui uma importante medida de minimização de impactos, na medida em que apresenta a vantagem de concentrar num mesmo local todas as instalações que integram o sistema de tratamento de resíduos, tirando partido das sinergias existentes, nomeadamente em termos de minimização e monitorização de impactos, evitando-se deste modo uma intervenção mais pesada num outro local.

Para além do referido, a definição de outra localização distanciada da ETRS da Meia Serra, surgiria como um impacto adicional, relativamente ao transporte dos resíduos da Estação para esse local, com provável afetação de maior número de pessoas.

Os resíduos a depositar no aterro sanitário serão os excedentes da capacidade de valorização material, orgânica e energética, representando resíduos sólidos orgânicos bem como, os resíduos resultantes dos processos de incineração, escórias e resíduos do tratamento de gases de combustão após inertização.

De acordo com a LER, Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, consta em assegurar a harmonização do normativo vigente em matéria de identificação, os resíduos previstos para o AS da 3ª Fase, são classificados como não perigosos, pelo que o enquadramento do projeto foi efetuado, nos termos do Decreto-Lei n.º 183/09, de 10 de Agosto, relativo à deposição de resíduos em aterros, considerando os requisitos estabelecidos para a classe "Aterro para resíduos não perigosos".

No estudo de ocupação da área disponibilizada para a construção da 3ª Fase do AS, foram consideradas as tipologias dos resíduos a serem depositados no mesmo: as características dos RSU e escórias, por um lado, e as dos resíduos do tratamento de gases de combustão após inertização, por outro. Assim sendo, serão construídas células diferenciadas para os referidos tipos de resíduos, à semelhança do que acontece atualmente na 2ª fase do aterro, em exploração, como forma de evitar a colmatção do sistema de drenagem de lixiviados, provocada pelos lixiviados das cinzas inertizadas.

Assim, a solução adotada para a zona de implementação das células pressupõe a deposição em células diferenciadas, designadas A e B, em que a célula A será efetuada de forma faseada, contribuindo para uma infraestrutura mais eficaz. Como tal a célula será subdividida em 4 células, duas no fundo da escavação e outras duas ao longo do talude.

A implementação faseada da célula A permite uma capacidade de encaixe de resíduos para explorações variáveis de 5 a 6 anos por fase, perfazendo uma utilização útil total de cerca de 22 anos. As fases terão um funcionamento hidráulico independente no que toca a águas pluviais e lixiviados (estando ou não em fase de exploração), minimizando-se deste modo a quantidade de lixiviados a conduzir a tratamento e não provocando desgaste dos sistemas de impermeabilização e materiais acessórios.

Os resíduos de tratamento de gases de combustão da incineração, após inertização (cinzas inertizadas), serão depositados numa zona distinta da anterior e constituída apenas por uma única célula, designada por B, face à menor área e volumes requeridos anualmente em função dos quantitativos produzidos.

Dada a menor quantidade de resíduos na célula B, a sua exploração possui uma vida útil de cerca de 24 anos. No entanto não sendo previsto o faseamento na sua implementação, será garantido o funcionamento hidráulico independente no que toca a águas pluviais e lixiviados, em relação aos vários níveis de enchimento, como forma de minimização de produção de lixiviados.

Na periferia da área de deposição de resíduos será implantada uma via circundante em betuminoso, a partir da qual é previsto o estabelecimento das vias de acesso às diferentes frentes de trabalho, sendo as últimas em terra batida.

É previsto o acesso ao circuito da 3ª Fase do AS pelo interior das instalações atuais da Meia Serra, garantindo o acesso às básculas/portaria e às frentes de trabalho do aterro, resultando a necessidade da construção de uma via, ligando a atual estrada interior do complexo da Meia Serra à via que circundará a 3ª Fase do AS.

Como o início da exploração da 3ª fase coincide com a selagem da 2ª fase, e sendo o objetivo a minimização dos lixiviados produzidos, recorre-se ao desvio das águas pluviais incidentes na área influência do aterro, antes de entrarem em contato com os resíduos, salvaguardando a possível sobrecarga do sistema de tratamento de lixiviados. Esta salvaguarda apresenta-se como um ponto fulcral da aprovação da DIA, emitida pela Secretaria Regional Ambiente e dos Recursos Naturais da Madeira.

Com este pressuposto verifica-se a viabilidade de utilização da atual ETAR/ETAL da ETRS da Meia Serra, sendo os lixiviados conduzidos a esta através de uma conduta elevatória. O lixiviado será bombeado para a ETAR/ETAL, com recurso de uma estação de elevação com implementação prevista junto à cota de fundo da célula RSU e escórias.

As células dispõem de um sistema de proteção ambiental (impermeabilização), que tem como objetivo evitar a possibilidade de qualquer contaminação, quer dos solos envolventes, quer de aquíferos existentes nas suas proximidades, permitindo a reunião e condução dos lixiviados para o sistema de drenagem previsto no interior das diferentes células, nos termos regulamentares.

3.3 Terreno de Implementação

3.3.1 Condições de Escavação

De acordo com a Carta Geológica de Portugal, (1974), a geologia envolvente do local de estudo integra-se nos complexos vulcânicos pós-miocénicos, vulgarmente representados por níveis alternados de materiais piroclásticos e basálticos. Quanto à geomorfologia, esta caracteriza-se por declives moderadamente vigorosos, entrecortados por diversas linhas de água, que confluem na Ribeira do Porto Novo. A zona em estudo para deposição de resíduos ocupa o flanco da encosta, com cotas variáveis entre 1232.00 e 1090.00 m.

A escavação do aterro sanitário teve como base o estudo geológico e geotécnico requerido pelo projetista efetuado com base nos resultados dos trabalhos de prospeção preconizados pelo mesmo.

De acordo com o estudo, a escavação para profundidades até 4 a 6 m, abrangem maioritariamente solos superficiais e/ou de cobertura que representam a zona mais alterada e descomprimida do maciço vulcânico, sendo o seu desmonte efetuado com máquinas do tipo retroescavadoras e giratórias.

Este tipo de equipamento torna-se insuficiente perante as camadas mais consolidadas e espessas, localizadas a profundidades superiores a 6 m, e sobretudo na zona mais a Sudoeste, recorrendo-se nestes casos a meios auxiliares de desmonte pesados, nomeadamente do tipo Ripper e martelo pneumático.

3.3.2 Modelação

A modelação prevista para o aterro prevê a construção de duas células, designadas por A e B. A célula A será executada de forma faseada, justificando-se esta execução como forma de distribuição do investimento a realizar com o seu sistema de impermeabilização ao longo do período de exploração. Esta situação deve-se à extensa área de implementação, garantindo a não degradação por exposição solar e climatérica da impermeabilização (sistema de proteção ambiental). Cada fase da modelação representa uma célula de deposição sendo o faseamento definido por duas células A1 e A2 desenvolvidas a partir do fundo da escavação e duas células A3 e A4 ao longo do talude da escavação.

O pressuposto de dimensionamento para esta modelação referenciada pelo projetista estimava a receção de resíduos nas células do tipo A para períodos sucessivos de 5 a 6 anos. No entanto, uma atualização dos dados estatísticos utilizados no projeto referentes à deposição de RSU e escórias traduziu-se numa alteração dos pressupostos de dimensionamento, nomeadamente em termos de períodos de utilização, sendo este objeto de estudo no capítulo 4 deste relatório.

A construção da 3ª Fase do aterro, no que se refere à célula de deposição de RSU e escórias (Célula A), apenas implicou a escavação e impermeabilização da célula A1, sendo que as restantes impermeabilizações serão realizadas no ano anterior à data prevista para o início da sua exploração.

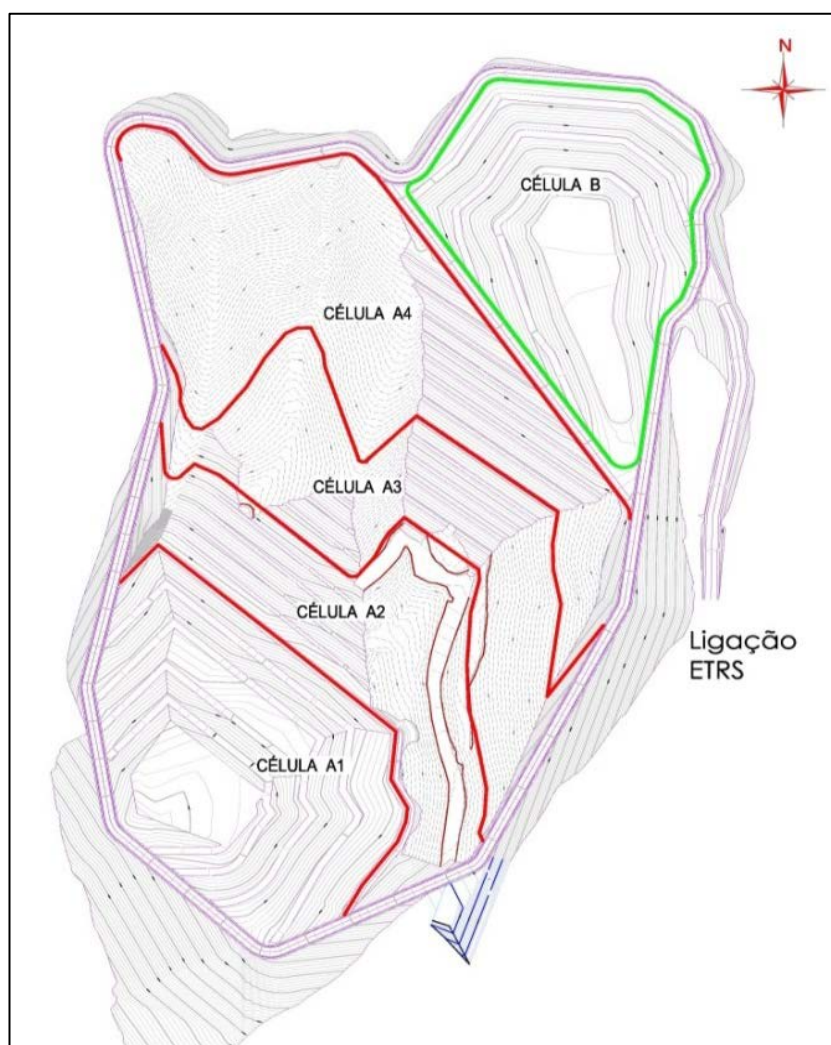


FIGURA 3.2 – IMPLANTAÇÃO DAS CÉLULAS, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

No que se refere à célula B, e face à modelação prevista, volume de encaixe e área a ocupar, o projetista prevê a construção de modo definitivo em toda a sua extensão, situação que devido a atualização dos dados estatísticos já referidos, também será objeto de estudo no capítulo 4.

3.3.3 Faseamento do enchimento

A modelação das células implica níveis de escavação e aterro distintos, ditados pela inclinação do terreno. Assim sendo, as áreas de ocupação em função da volumetria de resíduos para cada célula em construção são caracterizadas da seguinte forma:

Célula A1 - ocupa uma área de cerca de 11300 m² de fundo e total de 22000 m² e é limitada a montante NE por uma barreira de 1,30 m de altura construída com produtos de escavação, perpendicular à linha de desenvolvimento do talude (sentido SE-NW), à cota 1137,25 m no seu ponto mais baixo, e limitada a jusante SW pela estrada circundante de acesso ao aterro.

Célula A2 - ocupa uma área de cerca de 10100 m² de fundo e total de 25100 m² e é limitada no fundo da escavação a jusante SW, pela barreira de 1,30 m de altura de separação da célula A1, e a montante pela barreira de 1,30 m de altura construída na plataforma de escavação à cota 1163,00 m, que a separa da célula A3, e lateralmente a SE e NW, pela estrada circundante de acesso ao aterro.

Célula A3 - ocupa uma área de cerca de 14500 m², desenvolvida no talude da escavação entre as cotas 1163,00 m e 1180,00 m, limitada a jusante SW pela barreira de 1,30 m de altura de separação da célula A2 e a montante NE pela barreira de 1,30 m de altura construída na plataforma de escavação à cota 1180,00 m, que a separa da célula A4, e lateralmente, a SE e NW, pela estrada circundante de acesso ao aterro.

Célula A4 - ocupa uma área de cerca de 26000 m², desenvolvida no talude da escavação a partir da cota 1180,00 m, limitada a jusante SW pela barreira de 1,30 m de altura de separação da célula A3 e a montante NE pela estrada circundante de acesso ao aterro, que separa a célula A da célula B e lateralmente, a SE e NW, pela estrada circundante de acesso ao aterro.

Célula B - ocupa uma área de cerca de 3000 m² de fundo e total de 20300 m² e é limitada em todo o seu perímetro pela estrada circundante de acesso aos aterros.

Os taludes, quer de aterro, quer de escavação, têm inclinações de 1:2, com banquetas de 4 em 4 m, para reduzir a extensão do escoamento superficial e facilitar a fixação de telas e camadas

de impermeabilização da proteção ambiental inferior através de valas de amarração, garantindo assim a resistência do sistema de impermeabilização aos esforços da deposição de resíduos e aos efeitos das intempéries, nomeadamente a ação do vento. Na zona de separação das células, as banquetas terão uma largura de 5 metros na base.

3.3.4 Volume de Escavação

A escavação das zonas de aterro correspondentes às células A e B representou um volume global de escavação de cerca de 565000 m³, dos quais cerca de 311000 m³ são direcionados para a implantação da célula A e cerca de 45000 m³ para a implantação da célula B, variando a profundidade em função do desenvolvimento do terreno.

Na contenção das células foi necessário o desenvolvimento de aterros, em que se utilizou um volume na ordem de 200000 m³ de terreno de escavação, sendo cerca de 153000 m³ para a implantação da célula A, e cerca de 47000 m³ para a implantação da célula B sendo os produtos sobranes escavação 254000 m³ transportado a vazadouro.

3.3.5 Acesso às Células

Sendo o acesso e circuito de pesagem das viaturas realizados através das instalações atuais da Meia Serra, foi necessário garantir o acesso às frentes de trabalho a partir das mesmas. Para tal foi aproveitado o caminho florestal existente sofrendo a adequação à tipologia das viaturas que o iriam utilizar, com aplicação de pavimento betuminoso.

Toda a periferia da área de deposição de resíduos é circundada por uma via de circulação, igualmente adaptada à tipologia das viaturas de exploração, (Figura 3.3). Na fase de construção, a referida via representou a ligação às diferentes frentes de trabalho.

A via de acesso entre a estrada circundante e as diferentes células (para a exploração da deposição de resíduos), é efetuada inicialmente no fundo de escavação, com recurso às plataformas de modelação, sendo que, no desenvolver da exploração, as vias evoluem conforme os níveis de exploração, recorrendo-se às plataformas modeladas da fase de construção.

A estrada circundante de acesso compreende as infraestruturas hidráulicas e elétricas de elevada importância, afetas à 3ª fase do AS e às ligações das instalações da ETRS da Meia Serra, bem como valetas de drenagem de águas pluviais.

É de referir que no desenvolvimento da construção do aterro sanitário se verificaram várias deficiências referentes à via de acesso circundante, mais precisamente devido às inclinações provenientes da topografia do terreno e modelação projetada, em conjunto com as condições climatéricas adversas afetas à localização da ETRS da Meia Serra.

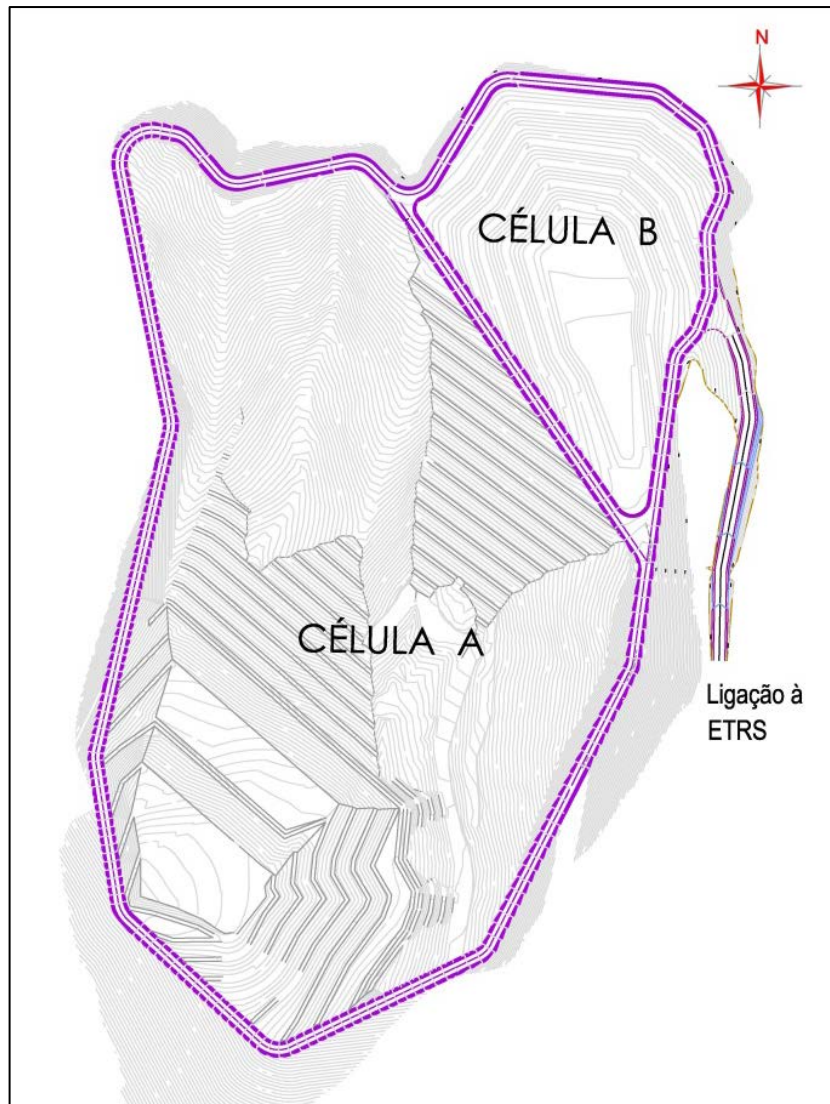


FIGURA 3.3 – ESTRADA PERIFÉRICA DO ATERRO SANITÁRIO, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

Estas deficiências, verificadas na execução da obra, inviabilizaram os trabalhos previstos em segurança para o período de exploração do aterro, ou seja, existia a possibilidade de perda de controlo da viatura no percorrer do traçado da via circundante. Esta situação teve como consequências a elaboração de um estudo alternativo, preconizando-se outra solução para acesso ao aterro e suas células, situação que será aprofundada no capítulo 4

3.4 Infraestruturas de Impermeabilização

No âmbito do controlo de qualidade da construção dos sistemas de impermeabilização da 3.^a fase do aterro sanitário da ETRS da Meia Serra, foi requerido ao LNEC um Plano de Garantia de Qualidade da Instalação dos Geossintéticos.

A aplicação do PGQIG implicou a colaboração dos vários intervenientes da 3.^a Fase do AS, definindo-se uma serie de objetivos, composta por ações de sensibilização e formação relativamente à construção dos sistemas de impermeabilização, tema que será aprofundado no capítulo 4

3.4.1 Sistema de proteção ambiental

A conceção e a construção de um aterro sanitário deverá garantir as condições necessárias, descritas no Decreto-Lei nº183/09, de 10 de Agosto, que requer que a proteção ambiental de aterros deve garantir a prevenção da poluição dos solos, águas subterrâneas e superficiais causadas pelos resíduos e seus lixiviados.

Conforme o referido Decreto-Lei, nos aterros de resíduos não perigosos o sistema de selagem inferior deve obedecer aos seguintes requisitos:

- Sistema de proteção ambiental passiva constituído por uma formação geológica de baixa permeabilidade ($k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s), com espessura $\geq 1,0$ m ou barreira artificial equivalente com espessura $\geq 0,5$ m
- Sistema de proteção ambiental ativa que impeça a infiltração de águas de precipitação pela base e taludes de confinamento do aterro constituindo uma barreira de impermeabilização artificial (geomembrana ou dispositivo equivalente) e um sistema de drenagem de lixiviados, captando as águas contaminadas e lixiviados, garantindo que a sua acumulação na base do aterro se mantenha a um nível mínimo.

No que se refere ao sistema de drenagem de lixiviados, o Decreto-Lei impõe que este deverá obedecer às seguintes características:

- Escoar para o sistema de tratamento as águas contaminadas;
- Os lixiviados recolhidos devem ter um tratamento e um destino final adequados, de acordo com a legislação aplicável.
- O fundo do aterro deve ter uma inclinação mínima de 2% em toda a área;
- A camada mineral drenante deve apresentar uma espessura mínima de 0,5 m, um valor

de condutividade hidráulica igual ou superior a 10^{-4} m/s e ser isenta de material calcário.

Nestas condições, e após o conhecimento das condições geológicas-geotécnicas do terreno, a proteção ambiental da célula A destinada a RSU e escórias, utiliza um sistema de barreira única de impermeabilização artificial.

Na base do aterro da célula A (de baixo para cima), é constituída por um sistema com camada de fundo de GCL, em que a bentonite é envolvida por dois geotêxteis em polipropileno, um inferior tecido de maior ou igual a 100 g/m^2 , e outro superior não tecido maior ou igual a 200 g/m^2 , com camada de bentonite maior ou igual a 4700 g/m^2 , sendo coberto por uma GM de polietileno de alta densidade com espessura de 2 mm, pitonada na face de contacto com o GCL, seguindo-se uma camada de proteção de GTX não tecido em polipropileno de 800 g/m^2 , uma camada drenante com 0,5 m de espessura constituída por um material drenante (seixo rolado) com permeabilidade de ($k \geq 1 \times 10^{-2}$ m/s) e por fim uma camada de GTX não tecido em polipropileno maior ou igual a 200 g/m^2 , com funções de filtro.

O talude do aterro da célula A (de baixo para cima), inicialmente é constituído tal como a base por um sistema de GCL coberto por uma GM com as mesmas características que a base de aterro, no entanto com cobertura de GCO com dois geotêxteis não tecidos de filtragem com resistência aos raios ultravioleta, sendo posteriormente coberto por uma camada de proteção efetuada com pneus disponibilizados pela ETRS da Meia Serra e preenchidos com escórias. O esquema da proteção ambiental para o fundo e talude da célula A pode ser observado na, (Figura 3.4).

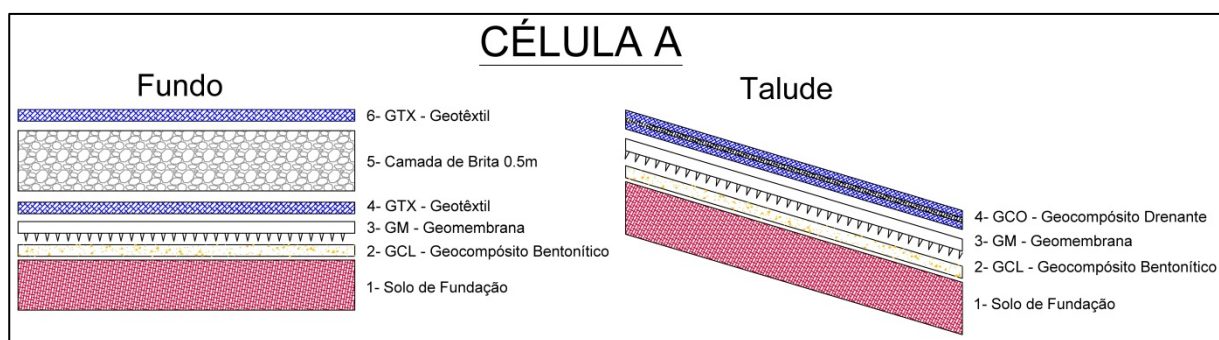


FIGURA 3.4 – ESQUEMA DA PROTEÇÃO AMBIENTAL DO FUNDO E TALUDE DA CÉLULA A

A proteção ambiental da célula B destinada a resíduos do tratamento de gases (cinzas inertizadas), embora isentas de perigosidades, utiliza um sistema de dupla impermeabilização, característica dos aterros para resíduos perigosos.

Na base do aterro da célula B de baixo para cima, é instalado um sistema de características semelhantes à célula A, sendo constituído por uma camada de fundo de GCL, coberto por uma GM de polietileno de alta densidade, seguindo-se uma camada de proteção de GTX não tecido, no entanto este sistema conta com mais camadas superiores, uma de areão de 0,2m de espessura para separação da GM anterior e acréscimo de uma GM superior com iguais características. A dupla impermeabilização é protegida pela aplicação superior de uma camada de GTX não tecido em polipropileno de 800 g/m², uma camada drenante com 0,5 m de espessura constituída por um material drenante (seixo rolado) com permeabilidade de ($k \geq 1 \times 10^{-2}$ m/s) e por fim uma camada de GTX não tecido em polipropileno maior ou igual a 200 g/m²), com funções de filtro.

Para os taludes da célula B é utilizado um sistema semelhante ao da célula A, distingue-se na utilização de dupla GM de polietileno de alta densidade, superior ao GCL, separada por um GTX não tecido em polipropileno e coberta por GCO com dois geotêxteis não tecidos de filtragem com resistência aos raios ultravioleta, sendo aplicado o mesmo sistema de proteção da célula A com recurso a pneus preenchidos com escórias. O esquema da proteção ambiental para o fundo e talude da célula B pode ser observado na, (Figura 3.5).

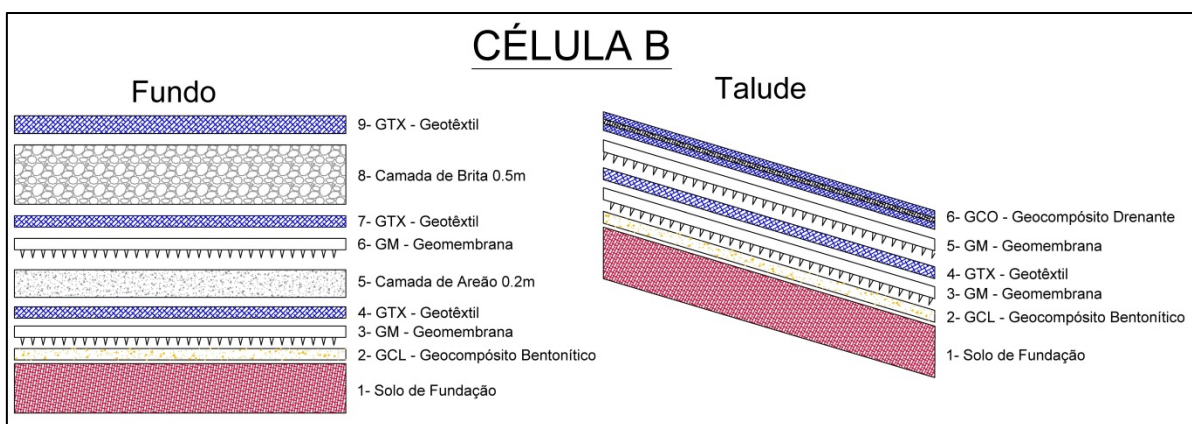


FIGURA 3.5 – ESQUEMA DA PROTEÇÃO AMBIENTAL DO FUNDO E TALUDE DA CÉLULA B

A execução de um sistema de proteção ambiental para que garanta a qualidade do seu funcionamento, respeitando as exigências do regulamento para aterros (anteriormente referido), exige um cuidadoso planeamento e controlo da sua execução. Para esse efeito foi implementado o PGQIG elaborado pelo LNEC, para a 3ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra.

3.4.2 Vala de Amarração

Na instalação do sistema de impermeabilização procedeu-se à execução de valas de amarração, garantindo a resistência do sistema de impermeabilização aos esforços da deposição de resíduos e aos efeitos das intempéries, nomeadamente a ação do vento, cuja influência na localização do aterro é bastante notável.

A ancoragem do sistema foi efetuada com recurso a valas de amarração em redor de todo o perímetro das células e ao longo das banquetas dos vários níveis de escavação e aterro, tendo estas uma largura mínima de 4 m na base.

As referidas valas são definidas pelo projetista com dimensões de 0,90 m de rasto e de profundidade, sendo localizadas ao longo das banquetas a 1,5 m da base do talude superior e a 1,6 m da crista do inferior, (Figura 3.6).

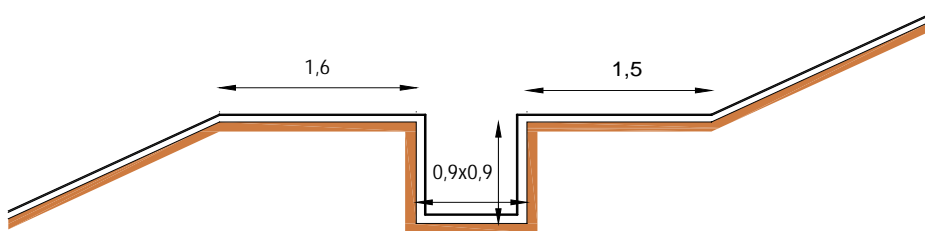


FIGURA 3.6 – VALA DE AMARRAÇÃO BANQUETAS, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

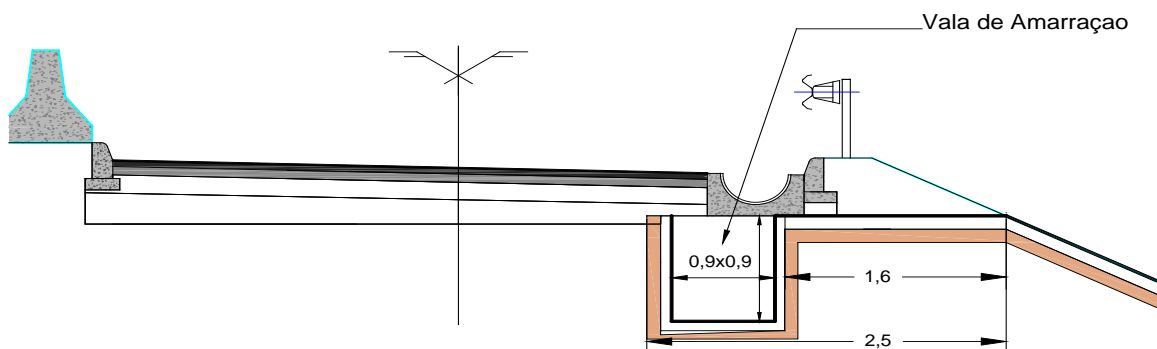


FIGURA 3.7 – VALA DE AMARRAÇÃO VIA CIRCUNDANTE, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

Em relação à interseção do sistema de impermeabilização com a via circundante, esta apresenta uma solução de vala de amarração enterrada paralelamente à via circundante, sendo no caso mais desfavorável localizada na direção da valeta de bordadura de aterro, (Figura 3.7).

3.5 Drenagem de Biogás

A legislação vigente, Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, obriga à captação e tratamento do biogás nos aterros que recebam resíduos biodegradáveis, em particular devido à contribuição do metano, um dos componentes em maior percentagem para o efeito de estufa.

Para reduzir ao mínimo os efeitos negativos ou a deterioração do ambiente e os riscos para a saúde humana, deverá ser providenciada a combustão do biogás com recurso a um queimador, devendo, sempre que viável, proceder-se ao seu aproveitamento energético.

Independentemente da viabilidade do aproveitamento é sempre necessário instalar um queimador, de modo a garantir a oxidação do metano e dos outros compostos do biogás desde a fase mais precoce da sua produção (nas células de RSU - Tipo A), evitando-se a difusão destes compostos para a atmosfera e a consequente ocorrência de odores.

Para o efeito ter-se-á que efetuar a captação e drenagem de gases do aterro. Esta será efetuada através de poços, com uma área de influência de cerca de 50 m de diâmetro, os quais serão executados gradualmente, durante a exploração, com recurso a cabeças em aço móveis.

As bases dos poços assentarão em material argiloso, evitando-se, assim a subida de lixiviados, sendo executados desde o fundo do aterro. Serão constituídos por brita de granulometria grossa envolvente de condutas verticais ranhuradas em PEAD DN160. Com a selagem da respetiva zona, a cabeça móvel será substituída por uma fixa, ligada a uma caixa de regulação e medição de caudal. A execução destes poços, em toda a sua extensão, será efetuada no decorrer da exploração.

Considera-se que todo o biogás captado será queimado no queimador, respeitando a legislação vigente em termos de emissões e segurança e assegurando uma temperatura da chama superior a 1200°C.

A viabilidade do aproveitamento energético deverá ser equacionada durante a fase de exploração, com a observação e análise do biogás produzido pela degradação dos RSU depositados em aterro.

3.6 Drenagem Pluvial

Com a construção das células de deposição serão executadas as infraestruturas necessárias à drenagem pluvial, quer no interior das células quer no exterior, de modo a evitar, tanto quanto

possível, a mistura destas águas com os resíduos e assim evitar uma maior formação de lixiviados.

Independentemente da contenção e desvio das águas pluviais existentes nas envolventes da área de construção, o projeto impõe a construção de valetas em toda a estrada periférica às células A e B, (Figura 3.9). Estas valetas devem ser compostas por meia cana em betão DN500, com sistema de recolha e drenagem das águas ao longo da via circundante (conduta central em PEAD DN500), com saída em boca de lobo, para dispersão no meio natural (Ribeira do Porto Novo), (Figura 3.8). A sua função será desviar as águas pluviais incidentes para fora das células evitando o contacto com os resíduos e, conseqüentemente aumento do caudal de lixiviados, sendo que no futuro, após enchimento e selagem do aterro, a drenagem deste se articulará com o sistema de drenagem pluvial do aterro existente.



FIGURA 3.8 – BOCA DE LOBO PARA DISPERSÃO NO MEIO NATURAL, (ARQUIVO PESSOAL).

No interior das células ainda não impermeabilizadas, o sistema de drenagem pluvial será constituído por valetas pré-fabricadas em meia cana de betão (instaladas ao longo das banquetas), conduzindo as águas pluviais para sumidouros com ligação à conduta central de recolha e drenagem de águas, de modo a desviar as águas pluviais incidentes para fora das células antes entrarem em contacto com resíduos ou lixiviados. A solução elaborada para execução no interior das células será pormenorizada no capítulo 4.

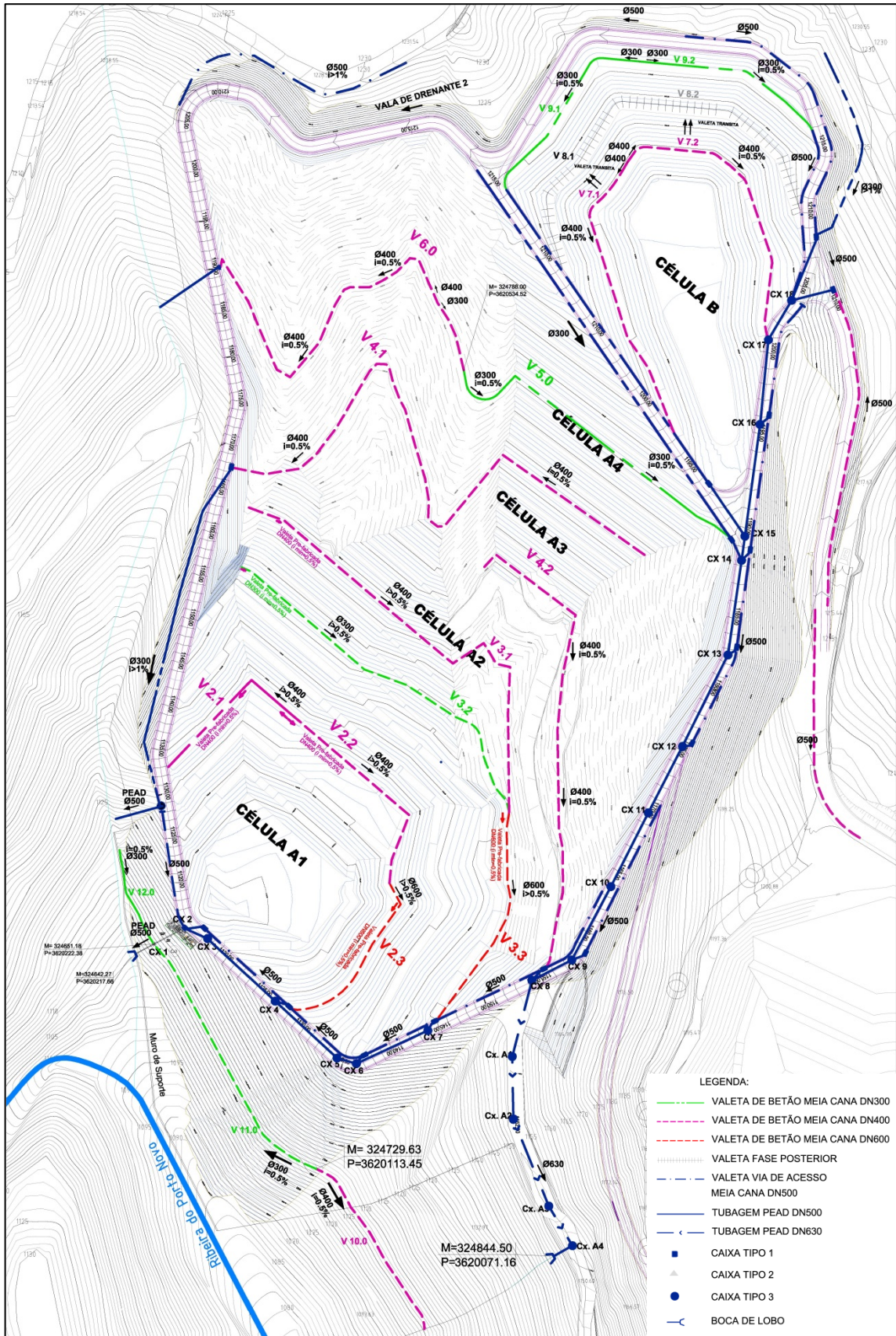


FIGURA 3.9 – PLANTA DE VALAS DRENAGEM E CONDUTAS DE DRENAGEM PLUVIAIS, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2013)).

Com a impermeabilização futura de cada célula, as respectivas valetas serão postas fora de serviço ou reabilitadas em zonas já sujeitas a selagem ou a níveis superiores para proteção dos resíduos.

Deste modo será possível minimizar a produção de lixiviados (cujos quantitativos estão diretamente relacionados com a pluviosidade e com a área em exploração), realizando a separação hidráulica entre águas pluviais e lixiviados, com a criação de coletores paralelos. Os coletores pluviais descarregarão para a Ribeira de Porto Novo, e os coletores de lixiviados terminarão num poço de bombagem.

3.7 Drenagem de Lixiviados

3.7.1 Caracterização Geral do Sistema

A drenagem dos lixiviados da 3ª Fase do AS processa-se com recurso a um sistema gravítico, que transporta o drenado para um reservatório situado na base da zona de implementação da 3ª Fase. Com recurso a um sistema de elevação o referido lixiviado é posteriormente conduzido para a rede de drenagem gravítica existente no circuito interno da ETRS, entre os aterros da 1ª e 2ª Fase de exploração, descarregando o seu afluente na lagoa de lixiviados da ETAR/ETAL, (Figura 3.10).

O desenvolvimento do sistema inicia-se na célula B processando-se por meio de um coletor gravítico ao longo da via circundante, iniciando-se à cota 1191,00 m (interior da célula), até à estação de elevação de lixiviados. Os lixiviados transportados pelo referido coletor, são descarregados para uma caixa de visita anterior ao poço de bombagem, que também tem como função rececionar os lixiviados proveniente da célula A. O lixiviado rececionado para elevação nas referidas condições, corresponde à capacidade de produção das duas células de Aterro A e B.

É previsto que a estação de tratamento de lixiviados existente tenha capacidade para receber e tratar os lixiviados das células da 3.ª fase, no pressuposto que se proceda atempadamente à selagem temporária e final das células A e B, no desenvolvimento da sua exploração, (Ponto 3.8.2).

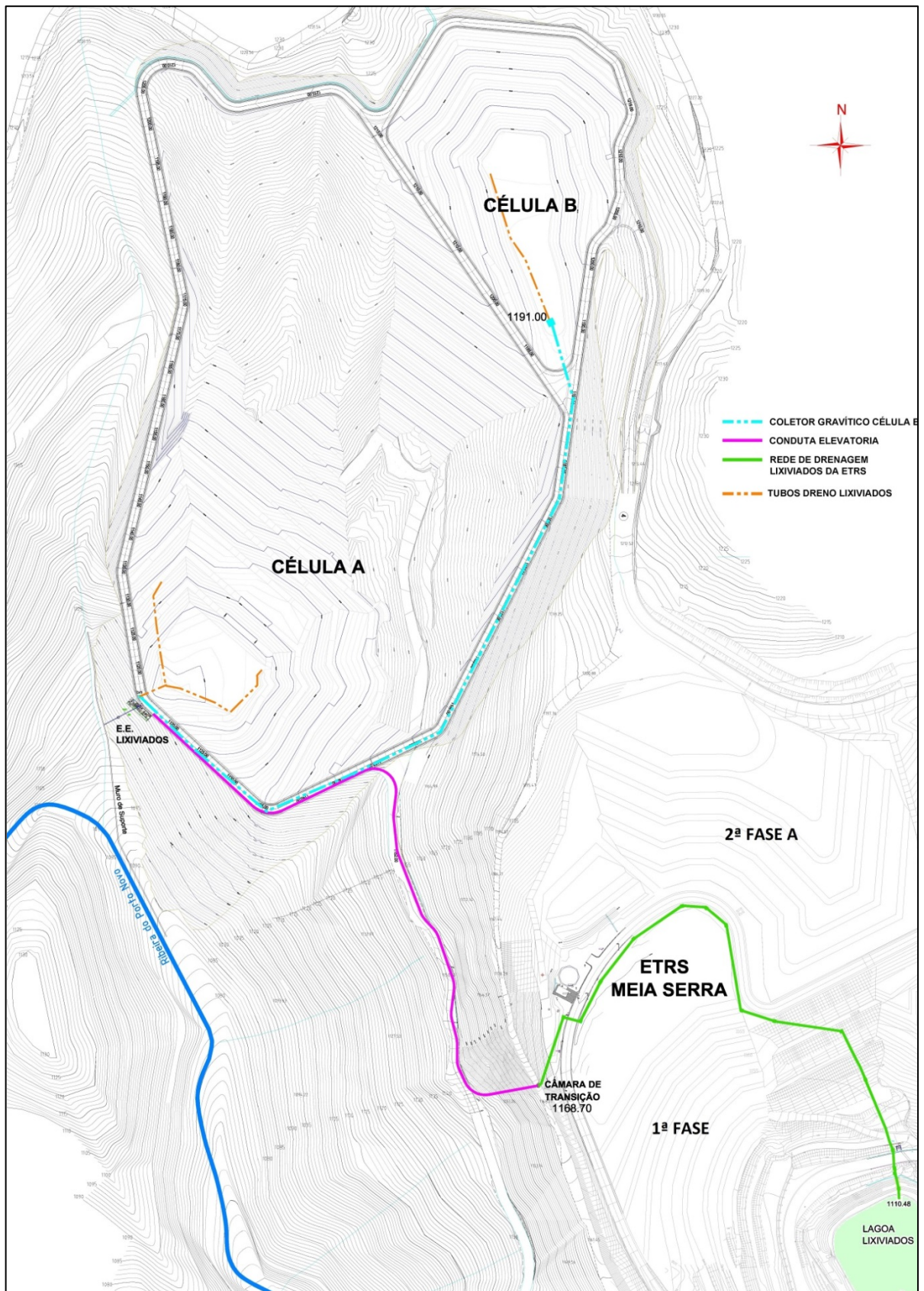


FIGURA 3.10 – PLANTA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS (REDES GRAVÍTICAS E ELEVATÓRIA, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2013)).

3.7.2 Drenagem do Fundo das Células

O sistema de drenagem das células A e B será composto por três elementos:

- Geocompósito Drenante nos taludes
- Camada mineral drenante
- Rede de drenos ranhurados na camada mineral drenante.

O sistema de drenagem de lixiviados formado por redes de drenos nos fundos das células, tem como objetivo captar e conduzir os lixiviados aos coletores gravíticos, situados no ponto mais baixo da bases de aterros, sendo posteriormente encaminhados para o poço de bombagem. Estes drenos de fundo das células serão de PEAD DN300 e DN500, PN10 ranhurados.

A camada mineral drenante a ser aplicada terá como características uma espessura mínima de 0,5 m, um valor de condutividade hidráulica igual ou superior a 10^{-2} m/s, isenta de material calcário e constituída por seixos rolados ou equivalente.

3.7.3 Cobertura Temporária e Selagem Final

Destacam-se duas medidas de minimização dos caudais de lixiviados dos dois tipos de células a utilizar, durante a sua exploração:

- As células ou zonas com resíduos deverão ser cobertas por telas temporárias quando não estejam em exploração, sendo as águas pluviais incidentes desviadas para as valetas periféricas.
- As células ou zonas que atinjam as suas cotas finais serão cobertas por telas temporárias de imediato e sujeitas a selagem final, após um período de assentamento de aproximadamente um ano, sendo as águas pluviais incidentes desviadas para as valetas periféricas.

3.8 Estação de Elevação

A 3ª Fase do AS compreende a utilização de um poço de bombagem instalado na estação de elevação, para recolha e armazenamento temporário do lixiviado produzido pelos resíduos depositados, sendo posteriormente elevado para a ETAR/ETAL existente. Em anexo encontra-se as plantas, cortes e pormenores da estação de elevação, (Anexo A).

A estação de elevação é composta por um edifício subdividido em três câmaras: uma câmara que representa o poço de bombagem caracterizado por um reservatório enterrado com duas

eletrobombas submersíveis sendo uma de reserva; uma câmara de manobras com juntas de desmontagem, válvulas de retenção e seccionamento, reservatório de ar comprimido e medidor eletromagnético de caudal; e por último, uma câmara para o posto de transformação, proveniente da subestação de média tensão da Meia Serra, de onde sairá o ramal de média tensão para esta estação de elevação de águas lixiviadas, (Figura 3.11).

Na periferia da estação estão localizadas duas câmaras de visita distintas de drenagem dos lixiviados e de águas pluviais provenientes da via de circulação e valetas de drenagem de pluviais do interior das células.

Na Figura 3.11 pode ser observado a planta do edifício da Estação de Elevação e ligações das condutas de drenagem (lixiviados e águas pluviais).

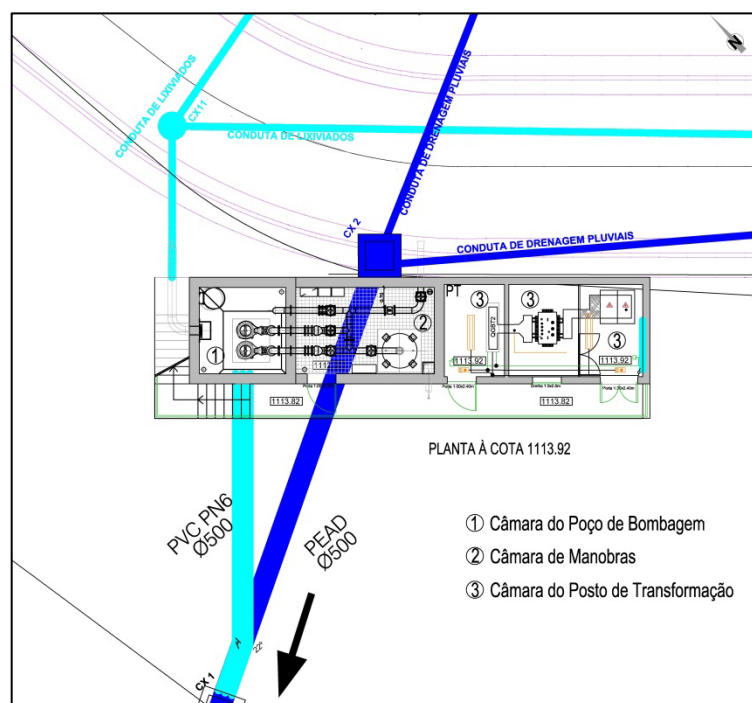


FIGURA 3.11 – PLANTA DO EDIFÍCIO DA ESTAÇÃO DE ELEVAÇÃO E PORMENORES, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2013)).

Para o poço de bombagem será necessário estimar a afluência de caudais de lixiviados e a verificação da capacidade de tratamento da ETAR/ETAL, para posterior dimensionamento do grupo de eletrobombas e um reservatório de ar comprimido para proteção do Golpe de Ariete.

3.8.1 Estimativa dos Caudais de Lixiviados

Os caudais médios de lixiviados foram estimados com base em dados climatológicos, provenientes do posto udométrico do Montado do Pereiro, cujos valores se apresentam no quadro seguinte, (Quadro 3.1). Considera-se este posto o mais aplicável ao projeto por ser o mais próximo e localizar-se a uma altitude semelhante cerca de 1260,00 m.

Posto	Montado do Pereiro	
	(Altitude 1260 m)	
Mês	Precipitação média	Precipitação máxima diária
	(mm/mês)	(mm/dia)
Janeiro	387,9	210,5
Fevereiro	315,3	145
Março	260	153
Abril	144,5	185,5
Maió	80,4	193,1
Junho	45,5	153
Julho	9,2	25,2
Agosto	22,8	60,2
Setembro	93,4	231,9
Outubro	250,9	150,6
Novembro	360,6	255
Dezembro	239	204
Total	2209,5	

QUADRO 3.1 – DADOS CLIMATOLÓGICOS UTILIZADOS NA ESTIMATIVA DOS CAUDAIS DE LIXIVIADOS. INMG, (1991).

Os caudais médios de lixiviados foram estimados considerando uma produção de 40% da precipitação incidente nas áreas expostas e 5% nas áreas já seladas. Estimaram-se as máximas áreas de células exploradas com e sem selagem ao longo da exploração, tendo em conta as medidas referidas no ponto anterior, apresentadas no seguinte quadro, (Quadro 3.2).

Situação	Áreas expostas (m ²)			Áreas seladas (m ²)		
	Alvéolo	Alvéolo	Total	Alvéolo	Alvéolo	Total
	Tipo A	Tipo B		Tipo A	Tipo B	
Arranque Fase 1	22000	20900	42900	0	0	0
Arranque Fase 2	36000	20900	56900	10600	0	10600
Arranque Fase 3	38000	15675	53675	23500	5225	28725
Arranque Fase 4	40900	10450	51350	45900	10450	56350

QUADRO 3.2 – ÁREAS DE CÉLULAS DA 3ª FASE COM RESÍDUOS EXPOSTOS À PRECIPITAÇÃO

A situação crítica ocorre no arranque da fase 4, que resultam em estimativas semelhantes. As estimativas dos caudais médios de lixiviados correspondentes a esta situação apresentam-se no quadro seguinte, (Quadro 3.3).

Mês	Precipitação média (mm/mês)	Caudal médio mensal de lixiviados (m ³ /mês)	Caudal médio diário de lixiviados (m ³ /dia)
Janeiro	388	9063	292
Fevereiro	315	7358	237
Março	260	6073	196
Abril	145	3387	109
Maio	80	1869	60
Junho	46	1074	35
Julho	9	210	7
Agosto	23	537	17
Setembro	93	2172	70
Outubro	251	5863	189
Novembro	361	8432	272
Dezembro	239	5582	180
Médio anual	184	4302	139

QUADRO 3.3 – CAUDAIS MÉDIOS MENSAIS DE LIXIVIADOS DAS CÉLULAS DA 3ª FASE PARA A SITUAÇÃO MAIS DESFAVORÁVEL

Os caudais provenientes das células existentes da ETRS da Meia Serra (Antigo Aterro, 1ª Fase, 2ª Fase A e 2ª Fase B), com uma área total cerca de 15,9 hectares, estimam-se utilizando a mesma metodologia, considerando que todas já foram seladas, (Quadro 3.4).

Mês	Precipitação média (mm/mês)	Caudal médio mensal de lixiviados (m ³ /mês)	Caudal médio diário de lixiviados (m ³ /dia)
Janeiro	388	3085	100
Fevereiro	315	2504	81
Março	260	2067	67
Abril	145	1153	37
Maio	80	636	21
Junho	46	366	12
Julho	9	72	2
Agosto	23	183	6
Setembro	93	739	24
Outubro	251	1995	64
Novembro	361	2870	93
Dezembro	239	1900	61
Médio anual	2210	1 464	47

QUADRO 3.4 – CAUDAIS MÉDIOS MENSAIS DE LIXIVIADOS DAS CÉLULAS EXISTENTES

Deste modo o caudal médio total no mês mais chuvoso (mês de Janeiro), na altura mais desfavorável (o arranque da Fase 4), estima-se em $292 + 100 = 391 \text{ m}^3/\text{dia}$.

O caudal diário médio anual total estima-se em $139 + 47 = 186 \text{ m}^3/\text{dia}$.

3.8.2 Tratamento dos Lixiviados

Os lixiviados dos dois tipos de células serão tratados na estação de tratamento existente, que dispõe das seguintes etapas principais:

- Lagoa arejada de tratamento biológico com capacidade (17500 m³), que também serve para amortecer os caudais afluentes;
- Tratamento físico-químico, com capacidade (480 m³/dia);
- Unidade de osmose inversa, com capacidade (240 m³/dia);

Sendo o afluente descarregado numa linha de água, em conformidade com a legislação vigente.

Deste modo confirma-se o seguinte:

- Os caudais mensais previstos são inferiores à capacidade do tratamento físico- químico.
- Em seis meses do ano, os caudais mensais previstos são superiores à capacidade da unidade de osmose inversa

Assim poderá ser necessário aumentar a capacidade da osmose inversa, como medida de precaução. Deverão também ser monitorizados os caudais de lixiviados de cada célula existente de modo a averiguar os pressupostos estabelecidos.

Salienta-se a importância de se proceder rapidamente à selagem das células que atinjam o seu fim de exploração, de forma a minimizar os caudais de lixiviados. A consequência da não selagem das mesmas será a possibilidade de exceder a capacidade do sistema de tratamento.

3.8.3 Poço de Bombagem de Lixiviados

A metodologia acima referida corresponde a caudais médios relativos à situação das células terem camadas de resíduos significativos. Nesta situação, a percolação dos lixiviados pelos resíduos é lenta e os picos de caudal são atenuados.

Para a situação das células terem poucos resíduos, os caudais de ponta podem ser muito mais elevados, dependendo da intensidade de precipitação. Assim o poço de bombagem de lixiviados é dimensionado considerando situações mais extremas de pluviosidade, (Quadro 3.5).

A precipitação foi estimada para um período de retorno de 10 anos com base no Decreto-Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto, localizando-se o aterro na Região Pluviométrica C do referido regulamento. Considerando a dimensão das células (área exposta 56900 m²), adotou-se uma duração de precipitação de 72 horas:

	Unidade	Valor
Área de Células		
Área Incidente	m ²	56 900
Precipitação		
Intensidade da Precipitação	mm/h	3,5
Duração	Horas	72
Período de Retorno	Anos	10
Precipitação Total	mm	253
Caudal		
Volume de Precipitação	m ³	14 422
Caudal Equivalente	m ³ /s	0,056
	l/s	56

QUADRO 3.5 – CAUDAL DE PONTA

Na situação de ocorrência de uma precipitação intensa, sucederá uma acumulação temporária de água na célula que será subsequentemente, evacuada.

No poço serão instalados 2 bombas submersíveis de capacidade unitária 58 l/s e altura de elevação de 61 m.c.a., correspondendo à situação que se apresenta no quadro seguinte, Quadro 3.6.

	Unidade	Valor
Tubagens de Compressão:		
Material	Aço	
Diâmetro Nominal DN200	mm	200
Velocidade	m/s	1.9
Conduta Elevatória:		
Material	PEAD, PN10	
Diâmetro Nominal DN280	mm	280
Diâmetro Interno	mm	229
Comprimento	m	470
Velocidade	m/s	1,42
Coefficiente de Manning-Strickler	m ^{1/3} /s	90
Perda de Carga Devido à Fricção (incluindo perdas locais)	m	6
Desnível Geométrico Nominal	m	55
Bombas		
Nº de Bombas Instaladas	1 + 1 de Reserva	
Capacidade Unitária	l/s	58
Altura Manométrica de Elevação	m	61
Eficiência da Bomba Considerada	%	60
Potência a Instalar	kW	70

QUADRO 3.6 – CARACTERÍSTICAS DO POÇO DE BOMBAGEM

3.8.4 Ligação de Lixiviados

O poço de bombagem localiza-se junto ao ponto mais baixo das células do tipo A, na berma oposta da via circundante. Encontra-se a uma profundidade de cerca de 9 metros, com uma cota de fundo para o poço de 1107,82 m. O poço tem capacidade de armazenamento com cerca de 27 m³, capacidade correspondendo ao nível de arranque das bombas, cota 1110,82 m. A cota de entrada dos lixiviados situa-se nos 1111,32 m, por uma conduta enterrada de PEAD DN500, ligando a célula A, à caixa de visita que se localiza na via circundante a norte da estação de elevação, seguindo-se o trecho final de conduta de descarga para o poço de bombagem. Na Figura 3.12 pode-se observar o assentamento do trecho final da conduta de drenagem de lixiviados, entre a caixa de visita e o poço de bombagem.



FIGURA 3.12 – LIGAÇÃO DO COLETOR DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS AO POÇO DE DESCARGA, (ARQUIVO PESSOAL).

Na Figura 3.13 pode ser observado o corte transversal da estação de elevação.

3.8.5 Ligação de Pluviais

A descarga das águas pluviais drenadas é efetuada por meio de uma conduta enterrada, iniciando-se numa caixa de visita anexa a nordeste da câmara de manobras, a qual atravessa o talude de aterro situado a sudoeste da célula A (a cerca de um 1,6m de profundidade) que é o ponto de menor profundidade em relação às fundações da câmara de manobras de estação de elevação com uma cota de fundação 1112,57m, sendo que a conduta direciona-se a uma caixa

de visita a sudoeste da estação com uma pendente com cerca de 43%, que por sua vez a jusante se liga à boca de lobo para dispersão na Ribeira do Porto Novo, (Figura 3.14). O estudo da solução preconizada para as pluviais será pormenorizado no capítulo 4

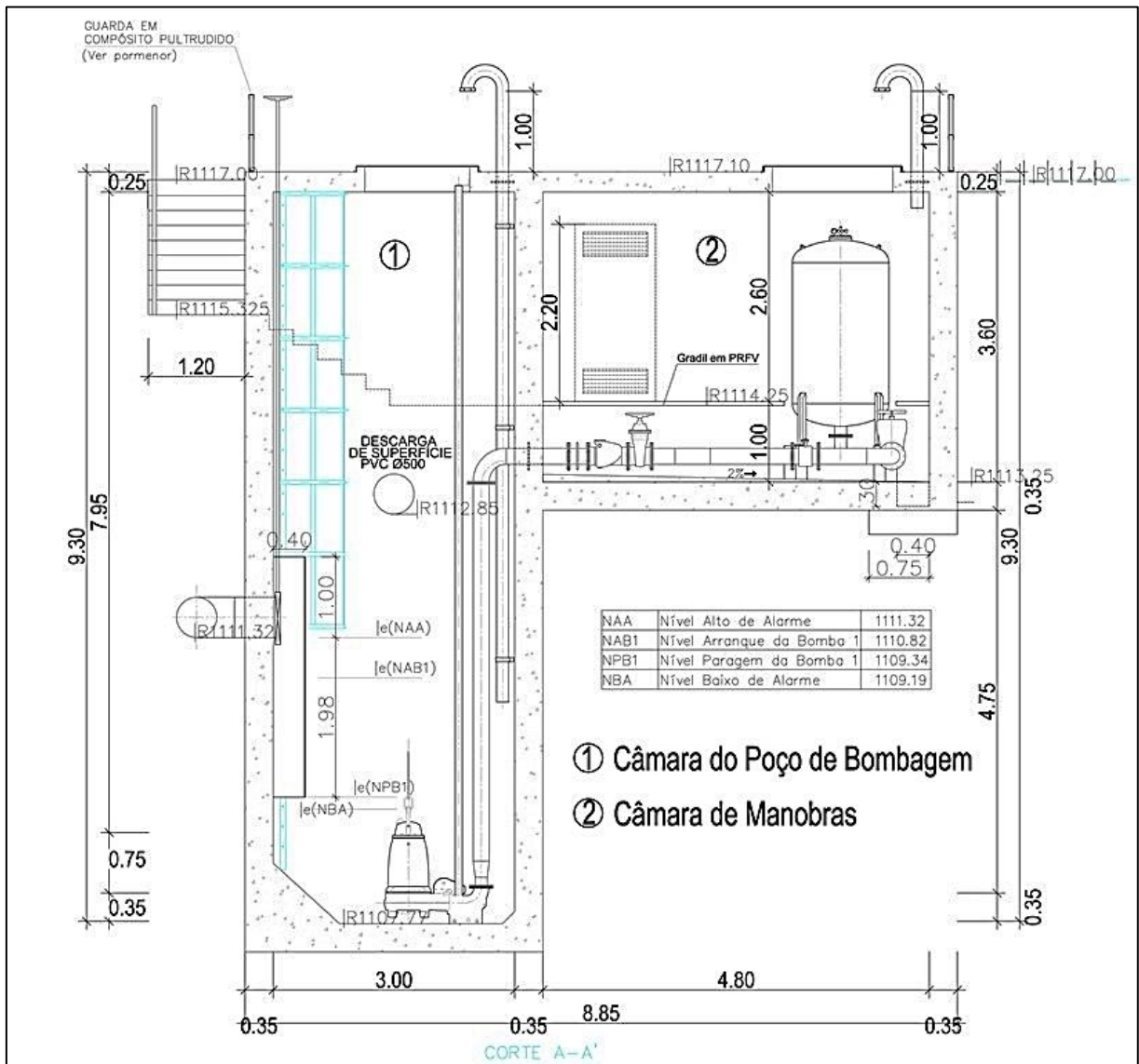


FIGURA 3.13 – CORTE TRANSVERSAL DAS ESTAÇÃO DE ELEVAÇÃO, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

Para um caso de emergência, devido a falha do sistema de reserva de bombagem de lixiviados ou para situação de extrema afluência, o poço possui uma descarga de superfície na cota 1112,85 m, em que descarrega o lixiviado em meio natural com recurso à caixa de visita supracitada, a qual se situa a sudoeste da estação de elevação, ligada por meio de uma conduta enterrada, (Figura 3.14).



FIGURA 3.14 – LIGAÇÃO DA DESCARGA DE SUPERFÍCIE DO POÇO LIXIVIADOS À CAIXA DE VISITA DE ÁGUA PLUVIAIS, (ARQUIVO PESSOAL).

3.8.6 Proteção Contra o Golpe de Aríete

O golpe de aríete é um escoamento em que a velocidade varia tão rapidamente com o tempo, que as forças de inércia desenvolvidas fazem intervir a própria compressibilidade do fluido e a deformabilidade das paredes. Este tipo de escoamento pode, por exemplo, ser causado pelo fecho rápido de uma válvula de seccionamento a jusante de uma conduta longa em pressão ou por paragem repentina do grupo eletrobomba a montante de uma conduta. Borga, A. (2008).

A análise do sistema elevatório em regime transitório permite o dimensionamento do dispositivo para proteção contra o Golpe de Aríete da conduta elevatória, neste caso associada ao poço de bombagem de lixiviados. A instalação de um regime transitório sem proteção poderá colocar em causa a estabilidade da conduta.

Note-se que a paragem brusca de um grupo eletrobomba constitui uma manobra com elevada probabilidade de ocorrência e pode acontecer de forma imprevisível (por exemplo, se ocorrer o corte de energia elétrica).

No presente caso, foi considerado que o dispositivo de proteção contra o Golpe de Aríete mais adequado seria um RAC pelas suas principais vantagens consistirem na simplicidade, facilidade de aplicação e controlo, fiabilidade e disponibilidade no mercado.

Análise do sistema elevatório em regime transitório

O comportamento do sistema elevatório em regime transitório foi analisado através de cálculo automático com recurso ao Método das Características. Para a aplicação desse método, foram recolhidos os seguintes elementos:

- Perfil longitudinal da conduta elevatória;
- Diâmetro da conduta e respetivo material;
- Caudal e pressão de funcionamento;
- Limites de funcionamento admissíveis;
- Outras particularidades consideradas relevantes no âmbito do sistema em análise.

O estudo de proteção contra o Golpe de Aríete foi desenvolvido por aplicação do Software XOK, elaborado pela empresa projetista, o qual permite o estudo dos regimes hidráulicos transitórios em pressão, com um algoritmo de cálculo baseado no Método das Características, com intervalos de tempo pré-fixados.

Dimensionamento do RAC

Atendendo às características do sistema elevatório efetuaram-se vários ensaios, cujos resultados foram analisados tendo em consideração os seguintes critérios técnico-económicos:

- A sobrepressão máxima no ponto mais desfavorável não poderá ultrapassar a classe de pressão das tubagens instaladas;
- A sobrepressão mínima no ponto mais desfavorável não poderá provocar pressões negativas e/ou a rotura da veia líquida.

Na Figura 3.15 apresentam-se as envolventes de cotas piezométricas do sistema elevatório.

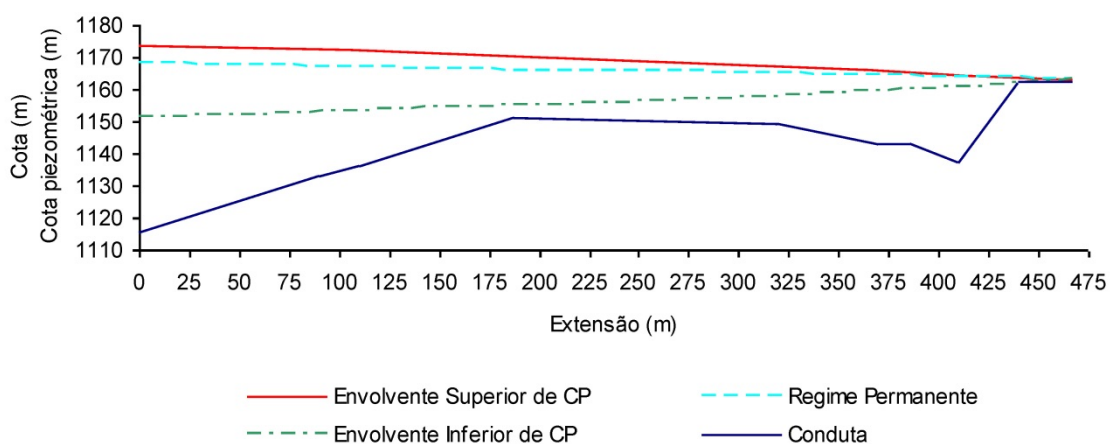


FIGURA 3.15 – ENVOLVENTES SUPERIOR E INFERIOR DE COTAS PIEZOMÉTRICAS DO SISTEMA ELEVATÓRIO, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

No Quadro 3.8 apresentam-se as características e condições de funcionamento do RAC necessário para o sistema elevatório.

	Unidade	Valor
VOLUMES		
Volume de Ar Inicial	m ³	0,800
Volume de Ar Máximo	m ³	1,030
Volume de Ar Mínimo	m ³	0,745
CAUDAIS		
Caudal Mínimo	m ³ /s	-0,037
Caudal Máximo	m ³ /s	0,056
COTAS PIEZOMÉTRICAS		
Regime Permanente	m	1168,15
Máxima	m	1174,01
Mínima	m	1151,02
DIÂMETRO DAS TUBAGENS		
Conduta a proteger	m	0,280
Conduta de ligação	m	0,150
CARACTERÍSTICAS DO RAC		
Cota de Água Inicial no RAC	m	1113,32
Pressão Máxima	bar	6,07
Volume de Dimensionamento do RAC	m ³	1,287
Volume TOTAL adotado para o RAC	m ³	1,500
Tipo de RAC	Com membrana	
Altura <u>provável</u> do RAC	m	2,19
Diâmetro <u>provável</u> do RAC	m	1,20
Área <u>provável</u> do RAC	m ²	1,13
Constante Politrópica (PVn)	-	4,96
VOLUME DE AR DE CÁLCULO		
Volume	m ³	0,80
Pressão	bar	5,48
COLOCAÇÃO EM SERVIÇO		
Pressão de Pré-enchimento	bar	2,05
VERIFICAÇÃO DA CONDUTA DE LIGAÇÃO		
Velocidade	m/s	3,16
Diâmetro	-	OK
Altura Cinética	m	0,51

QUADRO 3.8 – CARACTERIZAÇÃO DO RAC NECESSÁRIO PARA O SISTEMA ELEVATÓRIO

Solução preconizada

O reservatório de ar comprimido será montado na estação de bombagem de lixiviados, mais precisamente na câmara de manobras anexa ao poço de bombagem, ligado à conduta de compressão através de uma tubagem DN150. Note-se que, de acordo com a experiência do projetista, não foi preconizada a instalação de uma válvula de seccionamento nesta conduta de ligação.

É importante referir que em caso de necessidade de intervenção no reservatório de ar comprimido, tal só poderá acontecer com a estação elevatória parada, pelo que a instalação de

uma válvula de seccionamento apenas constitui um equipamento supérfluo e/ou promovedor de falhas técnicas, se manobrada incorretamente.

O reservatório deverá ser de membrana e de forma cilíndrica adequado para águas residuais.

3.9 Rede de Serviço de Incêndios

A rede de incendio da área de intervenção deste projeto será integrada na rede global de extinção de incendio da ETRS da Meia Serra, implementando-se a mesma na via circundante do aterro, representado no Anexo B. A rede é constituída por bocas de incêndio, a sua alimentação é efetuada a partir do reservatório e central hidropressora, já existente, e que servem a rede de incêndios implantada na periferia da 2ª fase do aterro.

É importante referir que, na zona do aterro de RSU e escórias é possível a ocorrência de incêndios devido a alguma formação de gases inflamáveis, no entanto esse tipo de incêndios deverá ser extinto com a cobertura imediata do foco de incendio com terras ou outros materiais que impeçam a entrada de oxigénio na massa de resíduos.

As razões principais da implementação de uma rede de serviços de incendio são pela exposição da 3ª Fase do AS à área periférica florestal e devido ao grande volume de aterros com presença e produção de substâncias inflamáveis, localizada numa área com possibilidade de incendio florestal, havendo a necessidade de contenção e extinção no caso de ocorrência do mesmo.

A rede também será utilizada para fins de rega, permitindo que não seja necessário realizar uma rede paralela a esta para esse fim. A utilização da rede para rega permite ainda que esta seja utilizada com maior frequência, o que melhora o seu funcionamento, garantindo a sua manutenção.

Para dimensionamento da rede foi utilizado o Método de Hardy-Cross (estabilização de pressão e caudal de modo a obter as perdas de carga nas tubagens), onde consideraram uma distância de 300 m para o Troço 1, um caudal de um 1,50 l/s para cada boca de incêndio e que nunca conta com mais que três em funcionamento simultâneo, com uma pressão mínima de 300 kPa, por boca de incêndio, e que a diferença de cotas entre a boca de incendio mais elevado em relação ao reservatório é 60 m.

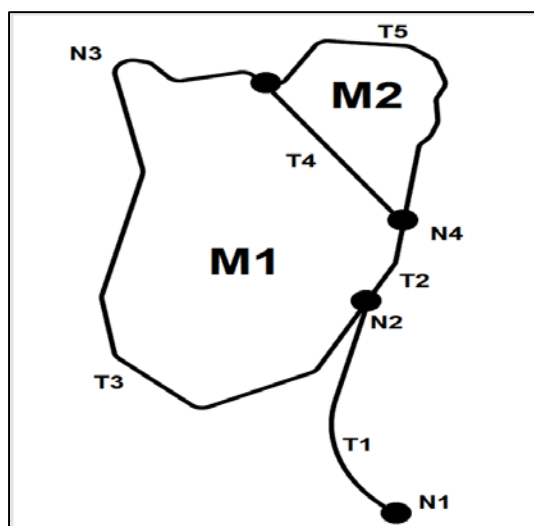


FIGURA 3.16 – PLANTA DA REDE, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

Sendo obtido que a altura de elevação de água é 170 m.c.a. e pressão mínima na rede 1700 kPa.

De forma ao cumprir o dados resultantes do dimensionamento, na central hidropressora atual será instalada uma central de incêndios constituída por duas eletrobombas principais funcionando em série, duas motobombas a diesel funcionando em série e uma eletrobomba auxiliar “*Jockey*”. As características das bombas estão apresentadas no Quadro 3.10.

	Grupos Eletrobomba e Motobombas	Grupo Eletrobomba Auxiliar
Capacidade nominal (l/s)	100	25
Altura nominal (m.c.a.)	90	110

QUADRO 3.10 – CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS PARA SERVIÇO DE INCÊNDIOS.

3.10 Lava Rodas

Na 3ª Fase do AS, para a lavagem das viaturas que tenham acedido às células de deposição de resíduos, será instalado um sistema de lava-rodas. O sistema será localizado á saída da via de acesso entre a Bâsculas/Portaria e o aterro sanitário, (Anexo C).

A unidade de lavagem de rodas será adequada às mesmas e à parte inferior das viaturas que tenham acedido às células de deposição de resíduos, com funcionamento automático por sensor mecânico, sendo dotada de caixa de retenção de sólidos, e será equipada de um sistema de reciclagem que permitirá a reciclagem de 90% da água utilizada em cada lavagem. A unidade também dispõe de depósito de água, e de ligações às redes de abastecimento de água e drenagem de águas residuais.

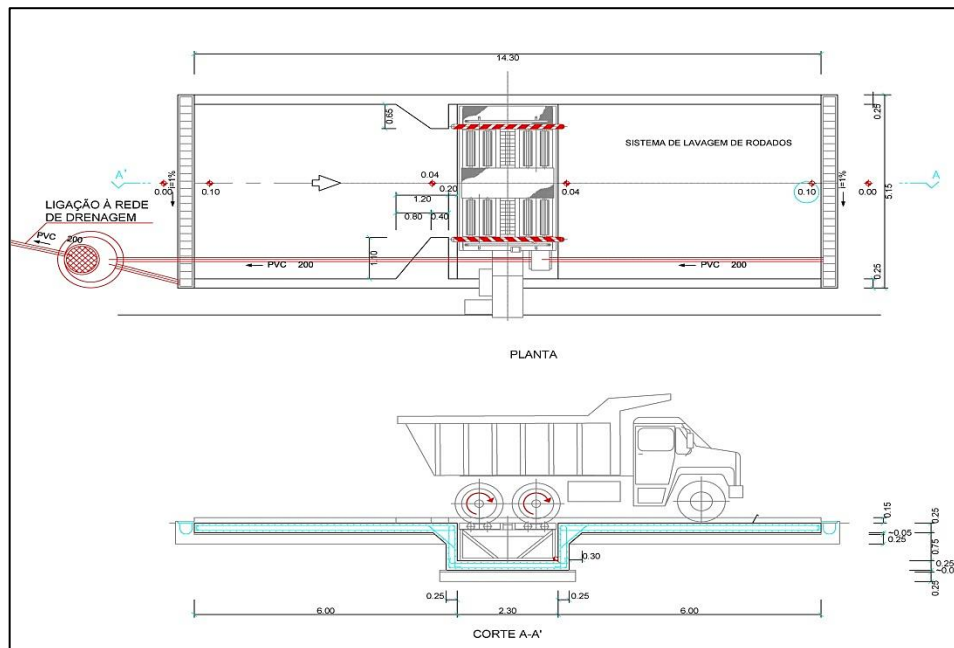


FIGURA 3.17 – LAVA RODAS (PLANTA E CORTE), (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2010)).

3.11 Sistema de Monitorização

3.11.1 Piezómetros

A monitorização das águas subterrâneas será assegurada através da construção de 7 Piezómetros em redor da 3ª Fase do AS, em tubo PVC rígido DN50 PN10, ranhurados a partir dos três metros de perfuração, envolvido em camada drenante e com tampa de proteção metálica com pintura anticorrosiva. Em anexo encontra-se a planta de localização e pormenores construtivos dos piezómetros, (Anexo D).

3.11.2 Medidor de Caudal

Para monitorização dos lixiviados produzidos será instalado um medidor de caudal eletromagnético de secção cheia, na câmara de manobra da estação de elevação, com ligação ao sistema de supervisão da Valor Ambiente bem como, um sistema de armazenamento local de dados com capacidade para armazenar dados de medição de caudal, com intervalo de um minuto e uma duração mínima de três meses.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades desenvolvidas ao longo do estágio incluíram:

- Alteração da uma nova via de acesso à ETRS e redefinição das infraestruturas afetas ao novo aterro sanitário.
- Execução de novas estatísticas de quantitativos de resíduos a depositar nas células de aterro;
- Estudo das áreas de implementação do sistema de proteção ambiental e suas alterações;
- Implementação e acompanhamento de um PGQIG elaborado pleno LNEC;
- Estudo da implementação de um sistema de drenagem de águas pluviais para dispersão em meio natural;
- Estudo, resolução e acompanhamento do desvio de águas de nascente do fundo de escavação da célula de aterro;
- Alteração da drenagem de lixiviados da 3ª Fase do AS e verificação do dimensionamento do RAC para uma nova solução.

4.1 Nova Via de Acesso

Dadas as condicionantes meteorológicas e geotécnicas extraordinárias do local de implantação do aterro e o projeto de implementação da via circundante, verificou-se em obra que as condições para a execução dos trabalhos programados, sofriam de deficientes condições de segurança. Este fato verificou-se principalmente na via situada a Oeste da célula A, que apresenta inclinações na ordem dos 23%. Esta via representa o acesso descendente da estrada de ligação proveniente da ETRS da Meia Serra à base de aterro da célula A, completando o circuito pela via de ascensão a Este do mesmo.

Por esta razão, foi preconizado o projeto de alteração do caminho de acesso à estrada periférica das células, procedendo-se à preparação do mesmo para novo concurso público de execução da empreitada do Acesso à 3ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra e Infraestruturas Associadas.

O novo projeto consistiu na alteração da localização do acesso à estrada periférica, deslocando-se para Sul da localização inicialmente prevista em projeto. A alteração implicou um novo troço com cerca de 315,00 m de extensão, ligando-se a Oeste à atual estrada periférica do aterro da 3ª fase e a Este às zonas complementares da ETRS da Meia Serra, mais

precisamente a Sul do reservatório e central hidropressora contra incêndios, (Figura 4.1). Em anexo encontra-se a planta desenvolvida para o traçado da nova via de acesso, (Anexo E).

Para contenção da estrada será construído um muro de gabiões paralelo ao traçado da mesma, numa extensão de cerca de 38,00 m. A localização e pormenorização do muro de gabiões, encontra-se no Anexo F.

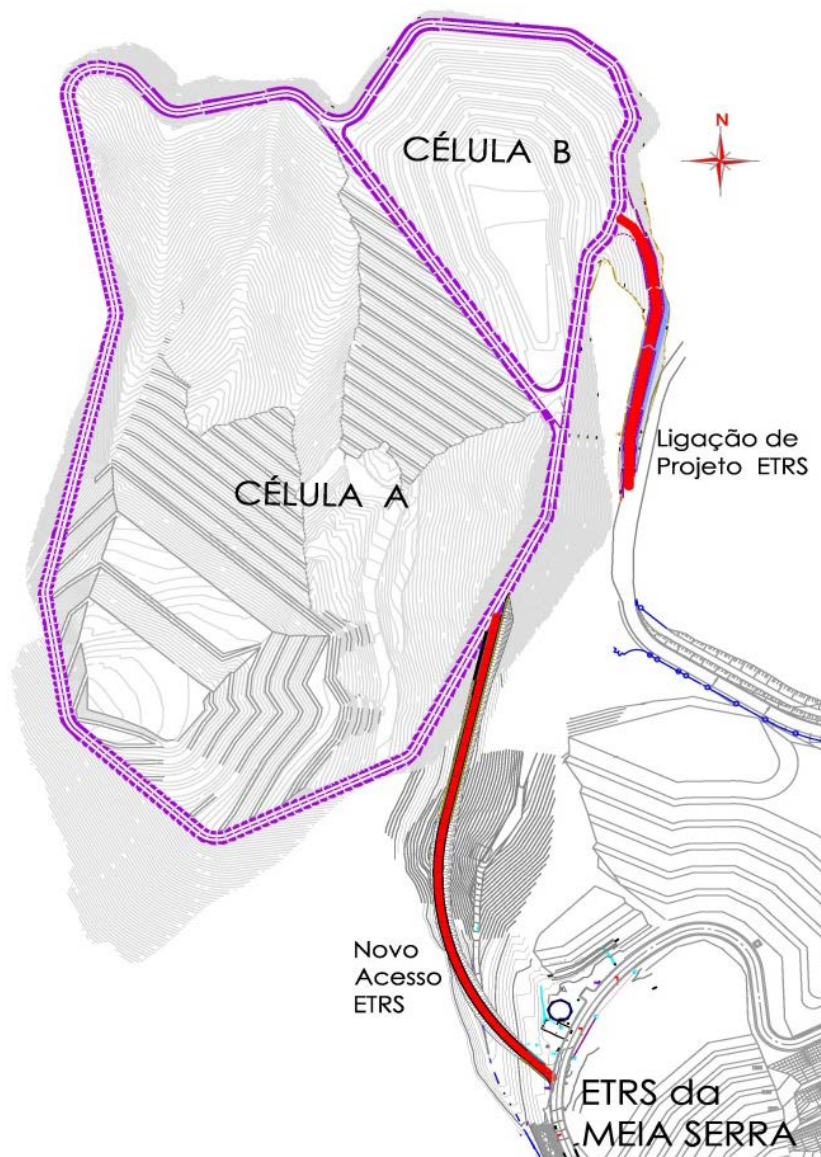


FIGURA 4.1 – NOVO ACESSO À 3ª FASE DO ATERRO SANITÁRIO DA ETRS DA MEIA SERRA, (ADAPTADO VALOR AMBIENTE, (2013)).

Apoiando-se no novo projeto de alteração da via de acesso à estrada periférica foram redefinidos: os caminhos de traçado da conduta gravítica e elevatória de lixiviados, a rede de serviço de incêndios; o circuito de osmose proveniente da estação de tratamento de águas residuais e lixiviantes; o circuito de abastecimento de água ao reservatório de incêndio e a localização do lava-rodas.

4.2 Estimativas de Resíduos a Depositar em Aterro

A situação económica atual leva a que exista uma redução na produção de resíduos, e, conseqüentemente a uma diminuição dos quantitativos de resíduos depositados em aterro. A este fato acresce que as diretrizes Europeias vão no sentido de se reduzir os quantitativos de resíduos depositados em aterro, pelo desvio dos resíduos urbanos biodegradáveis do aterro e pelo aumento das taxas de reciclagem, segundo PERSU II, 2007. Por outro lado, a estes fatores junta-se a incerteza em termos da recuperação económica e do seu impacto na produção de resíduos.

Atendendo a que os quantitativos considerados nos pressupostos de dimensionamento do projeto da 3ª Fase do AS remontam a anos anteriores a 2008, requereu-se à entidade de gestão de resíduos (VA) os dados atualizados dos quantitativos afetos à operação da ETRS da Meia Serra, de forma a obter uma melhor compreensão da situação atual de receção e valorização de resíduos na ilha da Madeira referente à ETRS da Meia Serra.

Com a observação dos dados, desde logo foram perceptíveis as reduções de resíduos rececionados na estação, sendo que nos últimos três anos verificou-se uma redução média anual de cerca de 8%. Na Figura 4.2 pode ser observado os quantitativos de resíduos rececionados anualmente na ETRS da Meia Serra.

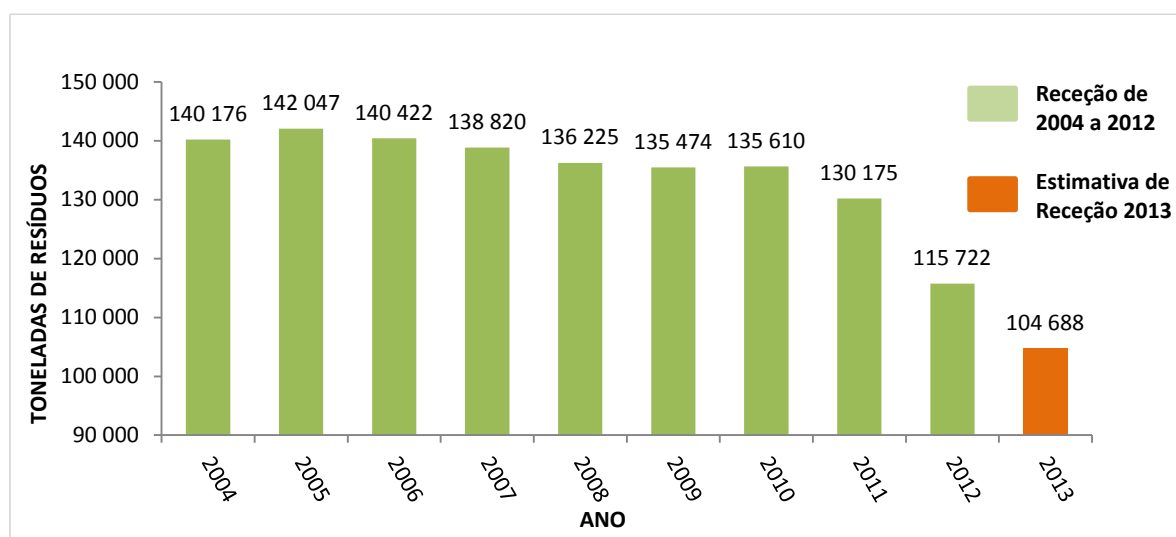


FIGURA 4.2 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS RECECIONADOS NA ETRS ENTRE 2004 E 2013

Para a revisão dos pressupostos e elaboração de nova estatística da deposição de resíduos, admitiu-se a mesma área e volume de enchimento definido no projeto de modelação das células, procedendo-se à análise dos quantitativos disponibilizados pela entidade gestora

sendo que, os quantitativos dos resíduos depositados no aterro de RSU e escórias (célula A) e os quantitativos das cinzas inertizadas (célula B), abrangem desde ano 2004 até os quantitativos estimados para o ano de 2013 (estimativa de 2013 baseada nos meses de Janeiro a Maio de 2013), conforme disponibilizados. Nas Figuras 4.3 e 4.4 podem ser observados, respetivamente, os quantitativos de RSU e outros depositados e de escórias produzidas no processo de valorização para deposição.

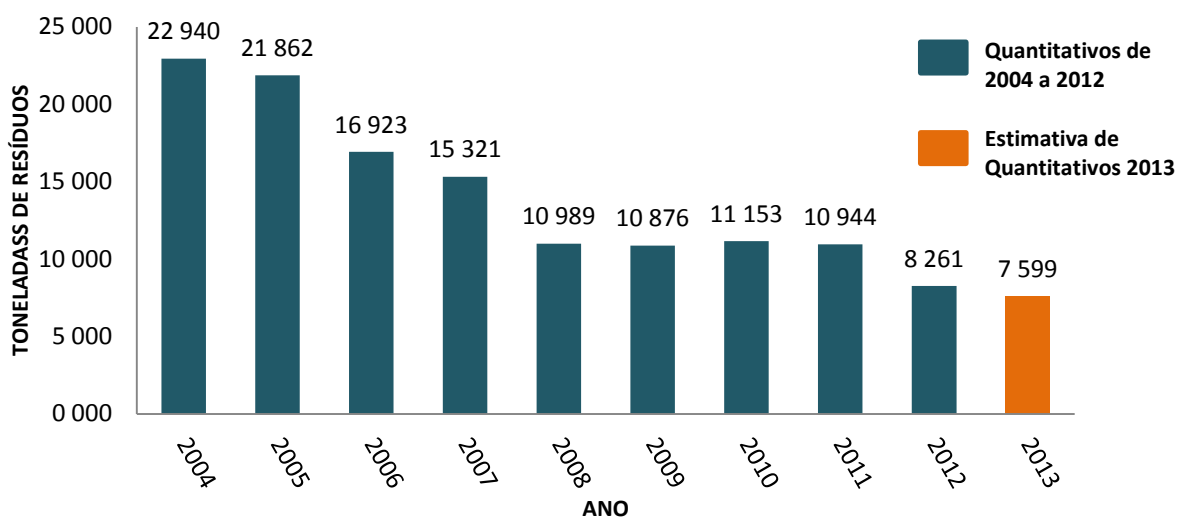


FIGURA 4.3 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE QUANTITATIVOS DE RSU E OUTROS, DEPOSITADOS EM ATERRO

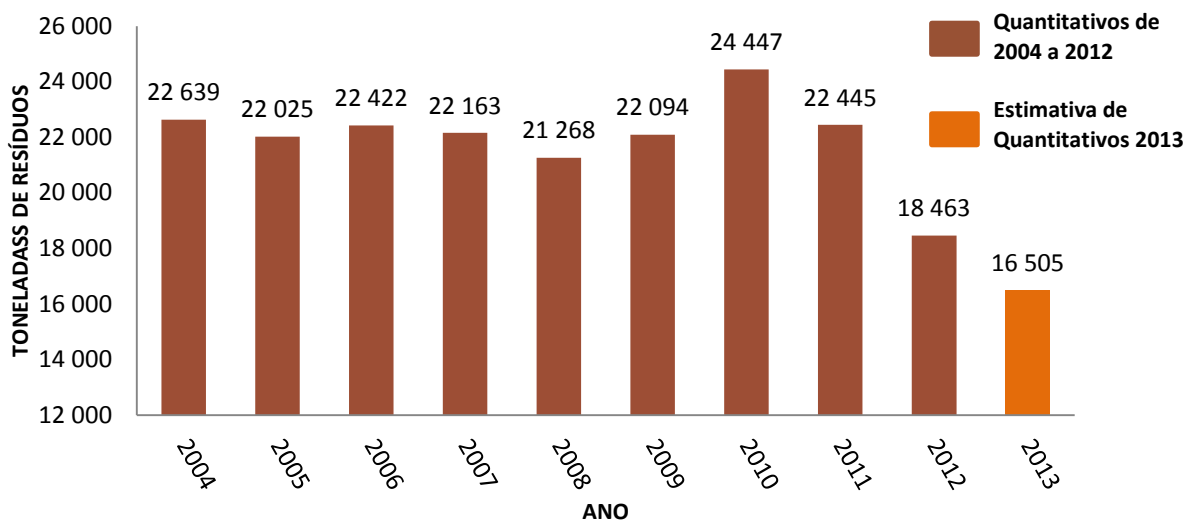


FIGURA 4.4 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE QUANTITATIVOS DE ESCÓRIAS, DEPOSITADAS EM ATERRO

Verificadas as reduções de RSU e outros, em conjunto com escórias para aterro, adotou-se como valores de resíduos a depositar no primeiro ano de exploração para a célula A, uma aproximação do valor médio entre os anos de 2012 e 2013, anos de menor afluência.

Acrescentasse o referido no ponto 2.2.5 deste relatório relativamente à inviabilidade da exploração da ICRSU, estando a instalação suspensa desde 2010, os resíduos orgânicos

encaminhados para esta, são atualmente tratados pelo processo de incineração na IIRSU, o que representa um ligeiro acréscimo nos quantitativos apreciados.

Prevendo uma situação otimista para o país e as Diretrizes Europeias de redução, considerou-se um acréscimo anual nos quantitativos de RSU e outros, na ordem dos dois pontos percentuais (2% por ano) e nos quantitativos de escórias, um acréscimo anual de meio ponto percentual (0,5% por ano). Esta situação traduz-se numa extensão da vida útil do aterro em relação ao previsto para a célula A, passando de uma utilização prevista de 22 anos para uma nova previsão com cerca de 35 anos de vida útil. Os quadros dos pressupostos do projeto e nova estimativa de deposição de RSU e escórias, célula A, são apresentados no, (Anexo G).



FIGURA 4.5 – VISÃO GERAL DA CÉLULA B PARA CINZAS INERTIZADAS, (ARQUIVO PESSOAL).

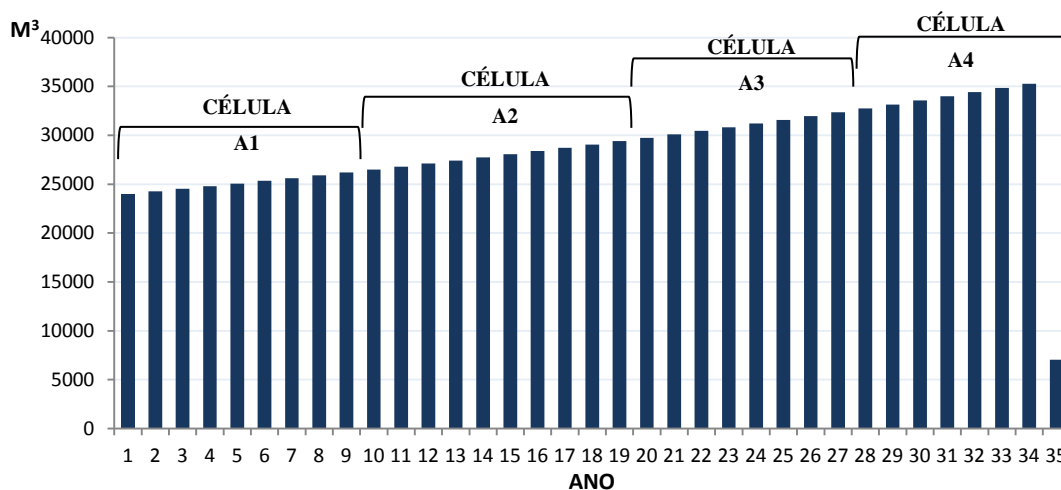


FIGURA 4.6 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS VOLUMES DE RESÍDUOS ANUAIS PREVISTOS DEPOSITAR NA CÉLULA A

A referida extensão de vida útil do aterro em questão proporciona que o faseamento previsto das células tenha por sua vez uma extensão de utilização. Estima-se que a receção de resíduos nas células do tipo A passe para períodos de cerca de 10 anos nas células A1 e A2 e para

períodos de cerca de 7 a 8 anos nas células A3 e A4. Na Figura 4.6 pode ser observado os volumes de resíduos anuais previstos depositar na célula A da 3ª fase de aterro sanitário.

A análise para a célula B da 3ª Fase do AS revelou certa oscilação nos valores de anos anteriores relativamente à deposição de cinzas inertizadas, provavelmente devido a alterações no processo inertização. Deste modo, adotou-se um valor mais conservativo sendo no entanto, inferior ao quantitativo anual utilizado no pressuposto de dimensionamento da célula B em cerca de 1000 toneladas. Os pressupostos do projeto e nova estimativa de deposição de cinzas, célula B, são apresentados no, (Anexo G).



FIGURA 4.7 – VISÃO GERAL DA CÉLULA B PARA CINZAS INERTIZADAS, (ARQUIVO PESSOAL).

Na Figura 4.8 podem ser observados os quantitativos de cinzas inertizadas produzidas no processo de valorização de resíduos.

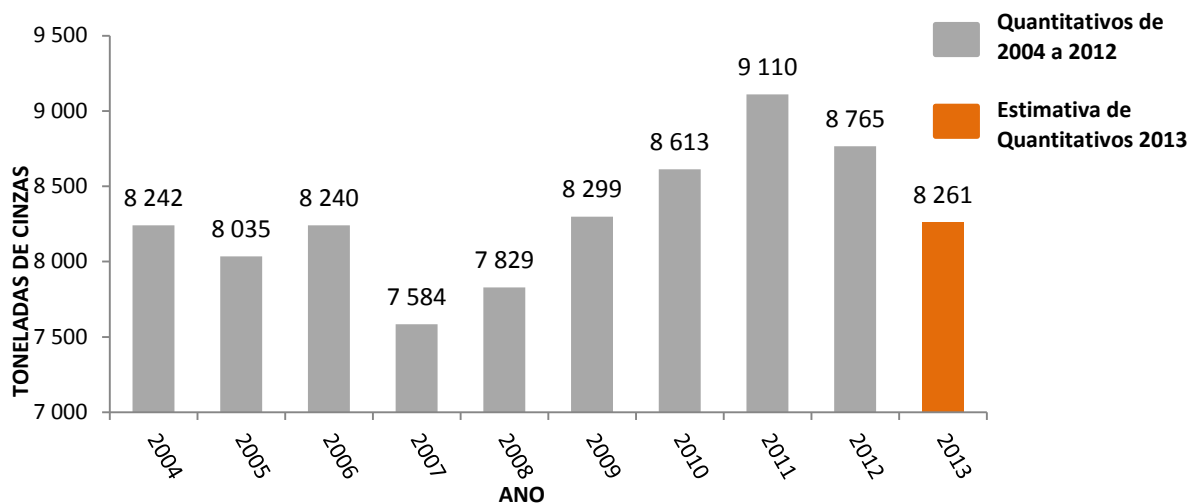


FIGURA 4.8 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE QUANTITATIVOS DE CINZAS INERTIZADAS, DEPOSITADAS EM ATERRO.

O quantitativo adotado para deposição de cinzas inertizadas, célula B, corresponde a um valor constante ao longo dos anos, pois não é previsto um aumento da capacidade de valorização da ETRS da Meia Serra e conseqüente aumento da produção de cinzas.

A estimativa com o quantitativo adotado para estes dados traduziu-se numa óbvia extensão da vida útil do aterro em relação ao previsto para a célula B, passando de uma utilização prevista de 24 anos para uma nova previsão de cerca 27 anos de vida útil.

Questionou-se a viabilidade da instalação do sistema de impermeabilização em toda a área da célula B, não pela extensão do seu período ou capacidade de utilização, mas sim pelo investimento a ser realizado e degradação do sistema de impermeabilização por exposição solar e climática ao longo dos anos, tema abordado no ponto seguinte (4.3).

4.3 Áreas de Implementação do Sistema de Proteção Ambiental

Os geossintéticos na sua generalidade, quando se encontram expostos à radiação solar e agentes climáticos, por longos períodos de tempo, acabam por se degradar implicando o não funcionamento como sistema de proteção, FCT, (2009).

Segundo o projeto de implementação da 3ª Fase do AS, a instalação dos sistemas de impermeabilização das células A1 e B são efetuadas de uma só vez em toda a sua área de deposição, no entanto questionou-se tal situação relativamente a célula B.

Visto que a exploração da célula B é prevista para um período de vida útil de 27 anos, iniciando-se do fundo da mesma, os taludes ficariam expostos aos agentes ambientais por um longo período de tempo. No entanto, o especificado nas fichas técnicas dos geossintéticos, é que estes devem ser cobertos num período de cerca de um mês, período que pode reduzir-se a um máximo de três dias para algumas subcamadas do sistema de impermeabilização. Desta situação resultou a preconização de uma solução a ser adotada nos taludes das células.

O estudo da solução iniciou-se pelo levantamento das áreas que iriam sofrer impermeabilização, sendo estas as células A1 e B. Para tal foi requerido ao Empreiteiro o levantamento topográfico da modelação implementada na 3ª Fase do AS, e, com auxílio de sistema informático, (AutoCAD), foram determinadas as áreas em questão. No Quadro 4.1 podem ser observadas as áreas de impermeabilização determinadas para as células A1 e B.

Áreas de Superfície Célula A1 - 3ª Fase	
Área Talude (m ²)	Área Horizontal (m ²)
8678	2672
Total = 11350 m ²	
Áreas de Superfície Célula B- 3ª Fase	
Área Talude (m ²)	Área Horizontal (m ²)
24459	5405
Total = 29864 m ²	

QUADRO 4.1 – ÁREAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DAS CÉLULAS A1 E B.

De forma a suavizar o investimento a ser realizado e não correr riscos de degradação do sistema de impermeabilização (que mais tarde poderia traduzir-se em custos extras para reparação do mesmo), foi proposto e aprovado pelo Dono de Obra o faseamento da instalação do sistema de impermeabilização da célula B, tal como foi preconizado pelo projetista relativamente à célula A. A proposta consistiu na divisão da célula em duas fases, desenvolvendo-se a primeira desde o fundo de escavação, com a cota 1192,00 m, até à banquetta de separação de taludes de escavação, com a cota 1208,00 m, e uma segunda fase que se desenvolve desde a anterior até ao limite da célula B, cota 1219,00 m, correspondendo respetivamente a cerca de 11 e 16 anos de exploração.

É de salientar que futuramente é possível subdividir a segunda fase em duas, com recurso a uma banquetta existente à cota 1216,00 m, dividindo o período de exploração de cada subfase para cerca de 8 anos. No Quadro 4.2, pode ser observado o faseamento das áreas de impermeabilização da célula B.

Áreas de Superfície Célula B - 3ª Fase					
Níveis	Z Min	Z Max	Área Horizontal (m ²)	Área Talude (m ²)	Área Total (m ²)
1ª Fase	1192	1208	4405	15174	19579
2ª Fase	1208	1219	1000	9285	10285

QUADRO 4.2 – FASEAMENTO DA CÉLULA B

No que se refere à solução preconizada para proteção dos sistemas de impermeabilização dos taludes, das células A e B, resultou que o sistema será protegido com recurso a uma camada de cobertura de pneus recolhidos e disponibilizados pela plataforma de armazenagem da ETRS da Meia Serra, sendo os vazios originados pelos mesmos, preenchidos com escórias provenientes dos processos de valorização de resíduos, situação atualmente utilizada nos aterros em exploração pela ETRS da Meia Serra.

4.4 Plano de Garantia de Qualidade da Instalação dos Geossintéticos

No âmbito do controlo de qualidade da construção dos sistemas de impermeabilização da 3.^a Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra (Ilha da Madeira), foi requerido ao LNEC, a elaboração para a V.A. um PGQIG.

Os objetivos do PGQIG são os seguintes:

- Definir as responsabilidades dos vários intervenientes na construção;
- Indicar os relatórios ou documentos a elaborar que evidenciem a qualidade da instalação dos geossintéticos;
- Apresentar as atividades de garantia da qualidade de construção para os geossintéticos;
- Assegurar uma construção com qualidade e segundo as condições estabelecidas no projeto e/ou as disposições ou especificações regulamentadas;
- Contribuir para melhorar o comportamento da obra, minimizando assim os custos de posteriores reparações (de execução normalmente difícil), queixas e eventuais litígios.

Para atingir estes objetivos foi necessário a colaboração dos vários intervenientes através da definição de funções, e da necessária articulação entre os diferentes intervenientes na obra (Projetista, Fiscalização, Dono de Obra, Empreiteiro, Instalador e LNEC), com vista à implementação do PGQIG. Deste modo, foram realizadas ações de sensibilização, desenvolvidas pelo LNEC, aos intervenientes na execução e no controlo da qualidade da construção, nomeadamente no que se refere aos aspetos técnicos relativos à manipulação e integridade de materiais não tradicionais, como os geossintéticos.

A assistência do LNEC à obra da 3.^a Fase do AS da Meia Serra, consistiu no apoio à Fiscalização/Dono de Obra durante o período necessário à implementação do PGQIG, nomeadamente nas seguintes tarefas:

- Supervisão dos procedimentos de receção e aceitação dos geossintéticos (análise da conformidade, amostragem com vista à realização de ensaios de verificação da conformidade, e apreciação dos resultados dos ensaios realizados);
- Supervisão dos procedimentos de transporte, manuseamento e armazenamento dos geossintéticos;
- Supervisão dos procedimentos de instalação dos geossintéticos e eventual reparação dos mesmos após colocação;

- Realização de observações/inspeções para avaliar a qualidade da instalação dos geossintéticos;
- Verificação dos resultados dos ensaios não-destrutivos do instalador, para verificação da estanqueidade das juntas, nomeadamente ensaios de pressão de ar sobre as soldaduras por termofusão e ensaios de fio de cobre, sobre as soldaduras por extrusão;
- Realização de ensaios destrutivos (corte e arranque), segundo a norma ASTM D6392, para verificação da resistência mecânica das soldaduras de geomembrana, com uma frequência de 1 ensaio por cada 300 metros lineares de soldadura, de acordo com o especificado no caderno de encargos.

O PGQIG revelou elevada utilidade na instalação do sistema de impermeabilização. Seguidamente, descrevem-se algumas das anomalias detetadas com recurso ao mesmo, e os processos previstos no plano bem como as medidas preventivas tomadas na gestão de qualidade. Na Figura 4.9 pode ser observado a visão geral da impermeabilização da célula A1.



FIGURA 4.9 – VISTA GERAL DA CÉLULA A1 NA FASE DE INSTALAÇÃO DA GEOMENBRANA, (ARQUIVO PESSOAL).

Para o transporte e manuseamento dos rolos em obra foi transmitido ao Empreiteiro e Instalador por parte do Dono de Obra e Fiscalização que este deveria ser efetuado com recurso a um equipamento de suporte dos rolos de geossintéticos (Figura 4.10), não sendo aceitável a elevação com recurso a outro sistema, tendo como objetivo não se verificar

quaisquer danos nos rolos, visto que o seu transporte deve preservar a embalagem original até o momento da sua aplicação.



FIGURA 4.10 – APLICAÇÃO DE GEOCOMPÓSITOS BENTONÍTICOS RECORRENDO AO AUXÍLIO DE UMA ESCAVADORA E EQUIPAMENTO AUXILIAR DE ELEVAÇÃO, (ARQUIVO PESSOAL).

O armazenamento dos rolos deve ser adequado como por exemplo, contra a sujidade, danos mecânicos, vandalismo, passagem de veículos ou por outros fatores, tais como a chuva e raios UV. Para o efeito, os rolos foram colocados sobre paletes de madeira evitando-se assim, o contato com o solo. O empilhamento não deve exceder cinco níveis de rolos.

No caso dos geocompósitos bentoníticos, o tempo de armazenamento ao ar livre deve ser o menor possível, por forma a evitar a hidratação da bentonite razão pela qual, o referido armazenamento contou com cobertura de película de polietileno.

A escavação da vala de amarração foi efetuada antes da colocação das geomembranas (Figura 4.11), de acordo com as dimensões e localização especificadas no projeto, e arredondada nos cantos para evitar danos na geomembrana, situação que poderia induzir a presença de solos soltos entre a vala e a geomembrana.



FIGURA 4.11 – VALA DE AMARRAÇÃO, (ARQUIVO PESSOAL).

A aplicação da geomembrana pressupõe a aceitação, por parte da fiscalização, do estado da superfície subjacente à mesma. Nesta sequência foram detetadas nos taludes interiores das células, várias áreas que apresentavam afloramentos rochosos, devido a precipitações intensas e nascentes efluentes ou por presença de material irregular, representando elevações ou depressões nas superfícies, (Figura 4.12).

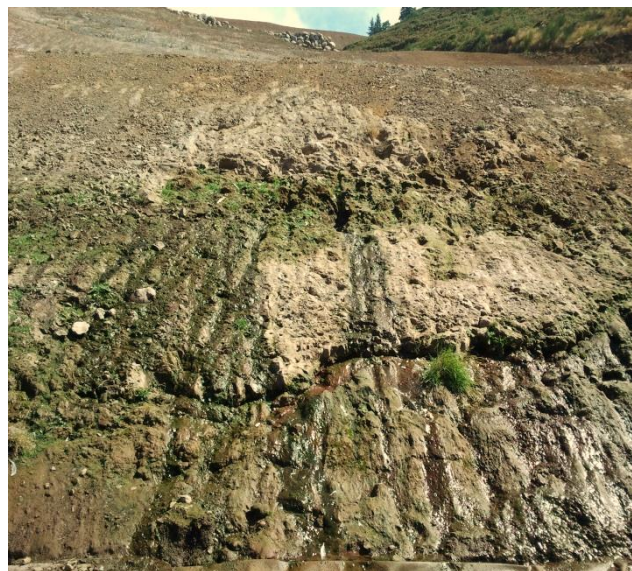


FIGURA 4.12 – ÁREAS DE AFLORAMENTOS ROCHOSO EM TALUDES, (ARQUIVO PESSOAL).

As regularizações das superfícies deficientes subjacentes foram efetuadas com recurso a escavadora e sua pá carregadora sendo que, em caso de presença de maciços estes foram removidos ou desmontados com recurso ao martelo pneumático, sofrendo posterior regularização. No caso dos afloramentos rochosos (causados por águas de nascente)

procedeu-se à sua regularização com recurso a betão projetado e colocação de bandas de geocompósito drenante na superfície subjacente, realizando a drenagem das águas para uma vala de drenagem instalada na base dos taludes, (a solução da drenagem de águas de nascente será desenvolvida no ponto 4.6). As bandas de geocompósito drenante instaladas ao longo dos taludes têm 0,30 m de largura com um espaçamento de 1,50 m entre si, (Figura 4.13).



FIGURA 4.13 – APLICAÇÃO DE BANDAS DE GEOCOMPÓSITO DRENANTE NA REGULARIZAÇÃO DE TALUDES, (ARQUIVO PESSOAL).

A colocação dos painéis de geomembrana deve seguir a ordem indicada num esquema de colocação (*layout*) previamente acordado entre o Instalador e a Fiscalização. A elaboração destes esquemas é da responsabilidade do instalador, o qual define as formas, posições e uniões dos painéis a serem instalados. Na Figura 4.14 podem ser observados os esboços dos esquemas apresentados pelo instalador.

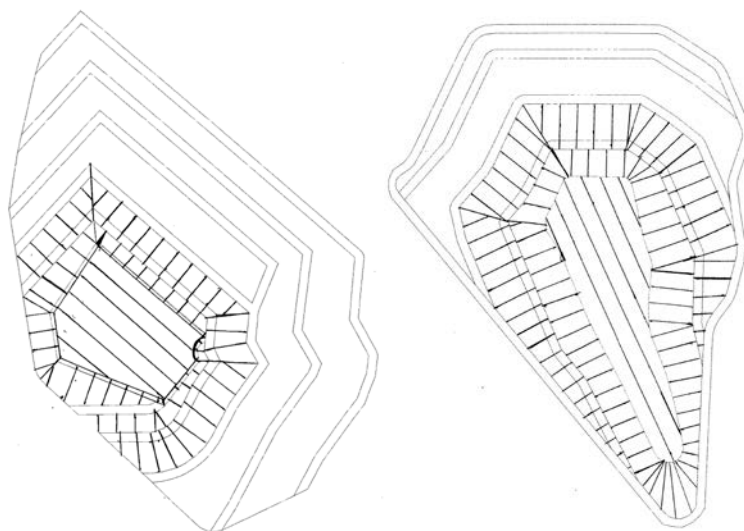
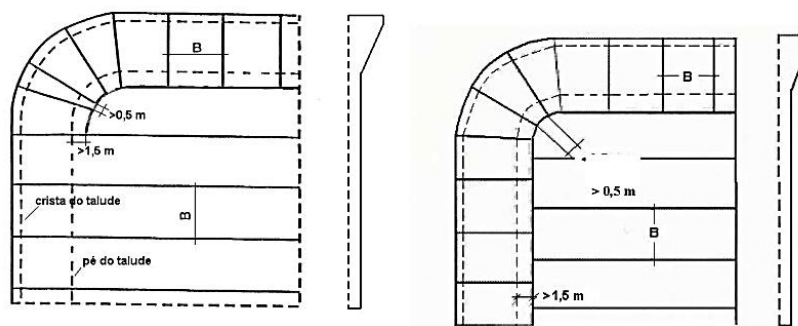


FIGURA 4.14 – ESBOÇOS DOS ESQUEMAS DE COLOCAÇÃO, À ESQUERDA CÉLULA A1 E À DIREITA CÉLULA B, (ADAPTADO PLANO DE GQIG,2013).

A Fiscalização registou com recurso ao esquema acima apresentado, o número e a localização de cada painel, a data da sua colocação e a identificação do(s) rolo(s) de geomembrana correspondente(s), pois esta última informação é de grande utilidade no caso de ocorrer a necessidade de rejeição de rolos. Em Anexo pode ser observado o exemplo do quadro utilizado para o registo de informação, (Anexo H).

As colocações dos painéis de geomembrana cingiram-se ao descrito no PGQIG, em que foram colocados paralelamente à linha de maior declive do talude, e evitou-se as uniões em cruz e as uniões em “T” com um intervalo inferior a 0,5 m, (Figura 4.15). As uniões entre os painéis de geomembrana colocados nos taludes e na base, foram efetuadas a uma distância mínima do pé do talude de 1,5 m (Figura 4.16), tendo em consideração a inclinação da base e consequentemente o sentido do escoamento do lixiviado.



(b) taludes com altura < 15 m

FIGURA 4.15 – EXEMPLO DE UNIÕES DE GEOMENBRANAS, (ADAPTADO PLANO DE GQIG,2013).

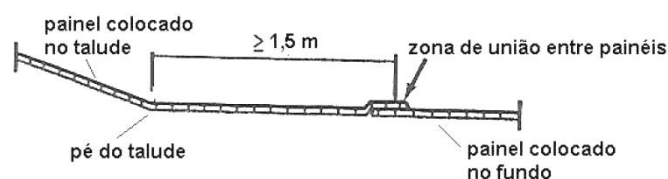


FIGURA 4.16 – EXEMPLO DA UNIÃO DE GEOMENBRANAS NA BASE E BANQUETAS, (ADAPTADO PLANO DE GQIG,2013).

A colocação das geomembranas não deve ser efetuada sob chuva, nevoeiro ou vento excessivo. Para as soldaduras entre painéis, providenciaram-se as medidas adequadas para evitar o seu levantamento e deslocação pela ação do vento (Figura 4.17), evitando-se acidentes pessoais graves, para além dos prejuízos materiais.

Recorreu-se a utilização de pneus para efetuar carregamento provisório, na medida que estes traduzem uma menor probabilidade de criar danos às geomembranas e pela sua disponibilidade na ETRS da Meia Serra. Foi tomado o cuidado de só colocar os painéis de geomembrana que se conseguissem soldar no próprio dia.



FIGURA 4.17 – CARREGAMENTO PROVISÓRIO DAS GEOMENBRANAS, (ARQUIVO PESSOAL).

Segundo o LNEC, para as geomembranas mais utilizadas nos aterros de resíduos (geomembranas de PEAD), são geralmente realizadas soldaduras por termofusão duplas. Nos locais onde estas não são possíveis, por exemplo em pequenos remendos ou onde as tubagens atravessam o sistema de confinamento, efetuam-se soldaduras por extrusão.

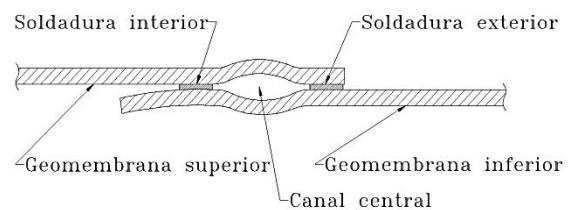


FIGURA 4.18 – SOLDADURA POR TERMOFUSÃO DUPLA, (ADAPTADO PLANO DE GQIG,2013).

Assim o método de união utilizado para as geomembranas, foi a soldadura por termofusão (Figura 4.18), consiste na união das geomembranas superior e inferior por aquecimento,

através de uma cunha metálica quente ou por insuflação de ar quente, e com auxílio de uma pressão mecânica de rolos compressores sobre as geomembranas aquecidas.

A soldadura por extrusão, que consiste na deposição de material (obtido por extrusão de um cordão do mesmo polímero da geomembrana), a temperatura elevada na borda do painel da geomembrana superior, sendo o processo somente utilizado para casos de pequenos remendos. Na Figura 4.19 pode ser observada uma situação de dano efetuado no processo de instalação da geomembrana em que é prevista a aplicação de extrusão.



FIGURA 4.19 – DANO DETECTADO NA GEOMENBRANA, (ARQUIVO PESSOAL).

4.5 Drenagem Pluvial

No ponto 3.6 refere-se a necessidade de realizar a separação hidráulica entre águas pluviais e lixiviados. Para tal preconizou-se o estudo de implementação e de dimensionamento de um sistema de drenagem, considerando-se a topografia do terreno e as delimitações das zonas de separação hidráulica.

Seguindo o contexto da instalação de valetas em toda a periferia do aterro (ponto 3.6), elaborou-se o traçado do sistema implementado, onde é definida a localização das valetas da plataforma circundante, em concordância com as valetas interiores às células, reunindo-as através de sumidouros à conduta de drenagem de pluviais, localizada na via circundante.

Para o dimensionamento e definição da quantidade de valetas pertencentes às células, foram analisadas as áreas drenantes (através da modelação prevista e levantamento topográfico requerido ao empreiteiro), procedendo-se a uma distribuição equilibrada das mesmas, de modo à obter quantitativos mínimos de valetas a serem instaladas, e soluções passíveis de utilização futura na exploração do aterro.

Tivemos em atenção que as valetas teriam de ser móveis para a sua aplicação posterior na drenagem de pluviais após selagem (desenvolvimento da exploração ponto 3.7.3), principalmente devido à inviabilidade de utilização de máquinas para movimentação das mesmas no interior das células (dada a topografia acentuada) bem como, pela insuficiente largura das banquetas (onde a valeta está instalada), e a existência de zonas com o sistema de proteção ambiental já instalado (possibilidade de ocorrer danos na mesma). Como tal, as valetas utilizadas para dimensionamento e aplicação são do tipo pré-fabricadas (valetas de meia cana), de diâmetros DN300 e DN400, que permitem manuseamento manual e DN600, que só poderá ser aplicado em zonas com acesso a máquinas.

DADOS					
	Valeta	L_{Valeta} (m)	ø (m)	Área [ha]	i_{terreno}
CÉLULA A					
CÉLULA A1	V2.1	85	400	0,49	23%
	V2.2	110	400	0,63	23%
	V2.3	90	600	1,54	23%
CÉLULA A1	V3.1	231	400	1,06	23%
	V3.2	183	300	0,48	23%
	V3.3	111	600	1,79	23%
CÉLULA A2	V4.1	230	400	1,05	38%
	V4.2	317	400	1,15	38%
CÉLULA A3	V5.0	170	300	0,4	38%
CÉLULA A4	V6.0	220	400	1,1	38%
CÉLULA B					
CÉLULA B	V7.1	165	400	0,5	35%
	V7.2	125	400	0,4	35%
	V9.1	100	300	0,1	35%
	V9.2	100	300	0,1	35%
VALETAS A SUL DAS CÉLULAS					
VALETAS A SUL DAS CÉLULAS	V9.0	96	400	1	35%
	V10.0	136	300	0,5	35%
	V11.0	50	300	0,2	35%

QUADRO 4.3 – CARATERÍSTICAS DAS VALETAS A SEREM INSTALADA, CÉLULAS A1 E B.

Após a delimitação das áreas drenantes, do reconhecimento dos trechos em escavação e em aterro, e dos pontos singulares e zonas sensíveis existentes (tais como, pontos altos e baixos da via e possíveis descargas), foram traçadas e identificadas as valetas para instalação.

Procedeu-se à elaboração de um quadro com as características das valetas previstas, não estando a sua identificação numa sequência completa, fruto da análise de implementação

(supressão de valetas). No Quadro 4.3, podem ser observadas as características das valetas a serem instaladas.

Foi utilizado o Método Racional para o dimensionamento, que utiliza uma fórmula racional, para estimar o caudal máximo de águas pluviais numa bacia hidrográfica, procedendo-se à sua utilização para o cálculo do caudal máximo. A aplicação do método de cálculo foi efetuada segundo os apontamentos de Hidráulica Aplicada, Mendes, L. (2011).

A fórmula racional é expressa pela equação homogénea:

$$Q_p = C \times A \times i_c$$

em que:

- Q_p - Caudal de ponta (com período de retorno T);
- C - Coeficiente de escoamento;
- A - Área de drenagem;
- i_c - Intensidade crítica de precipitação;

O coeficiente de escoamento C é um parâmetro adimensional que traduz a relação entre a precipitação útil e a precipitação total, sendo a precipitação útil a fração da precipitação total ou efetiva que dá origem a escoamento superficial. Na Figura 4.20, extraída do Decreto-Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto, apresenta-se uma tabela e um ábaco que permitem o cálculo expedito de coeficientes de escoamento em função do tipo e do declive médio do solo e da percentagem de áreas impermeabilizadas da bacia, segundo Mendes, L. (2011).

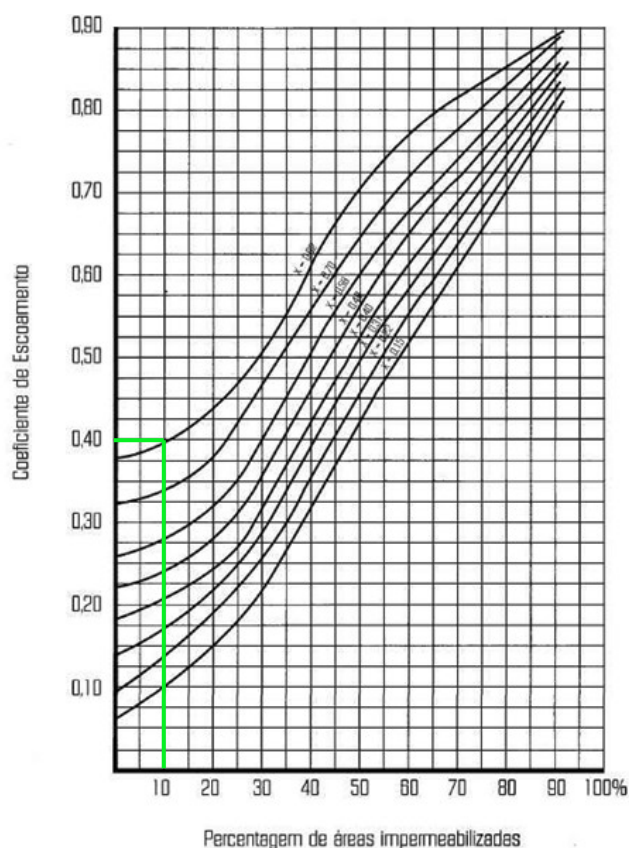
Para a determinação do coeficiente C , considerou-se um parâmetro $X = 0,82$, uma vez que em geral o terreno é do tipo compacto e muito inclinado ($i_{\text{terreno}} > 8\%$). Seguidamente considerando-se no abaco 10% de áreas impermeabilizadas (considerado para zonas que ainda não têm sistema de proteção ambiental instalado), obteve-se que o coeficiente de escoamento para tal situação corresponde a ($C=0,4$). No caso de zona já impermeabilizada o coeficiente de escoamento atribuído será de valor ($C=1$).

A intensidade crítica de precipitação a ser determinada depende dos seguintes fatores:

$$i_c = a \times t_c^b$$

em que:

- i_c - Intensidade crítica de precipitação (mm/h);
- t - Duração da precipitação (min);
- a, b - Constantes dependentes do período de retorno;



Valor de X (função tipo e declive do solo)	Terreno Plano	Terreno pouco inclinado	Terreno inclinado	Terreno muito inclinado
	i=0 a 1%	i=1 a 1,5%	i=1,5 a 8%	i > 8%
Terreno arenoso	0,13	0,22	0,31	0,48
Terreno semi-arenoso	0,22	0,31	0,40	0,58
Terreno semi-compacto	0,31	0,40	0,48	0,70
Terreno compacto	0,40	0,48	0,58	<u>0,82</u>

FIGURA 4.20 – TABELA E ABACO DE DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C), (ADAPTADO DECRETO-LEI Nº 23/95).

A precipitação foi estimada para um período de retorno de 10 anos com base no Decreto-Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais), no qual encontram-se publicadas as curvas I-D-F elaboradas para todo o território Nacional, localizando-se o aterro na Região Pluviométrica C do referido regulamento. Na Figura 4.21 podem ser observados os parâmetros a e b das curvas I-D-F do território Nacional. Para as áreas a drenar, utilizou-se um tempo de precipitação (t_c) de 30 minutos.

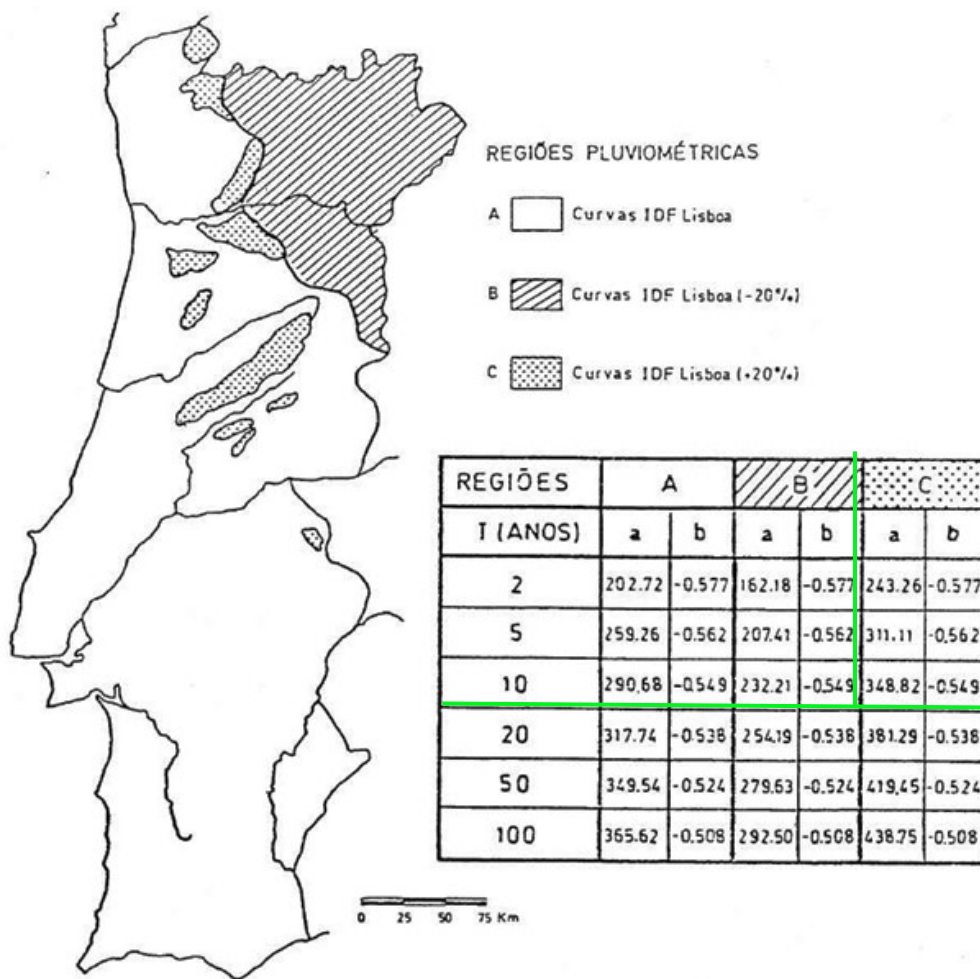


FIGURA 4.21 – PARÂMETROS (a e b) DAS CURVAS I-D-F, (ADAPTADO DECRETO-LEI Nº 23/95).

a	348,82
b	-0,549
T	10 Anos

QUADRO 4.4 – PARÂMETROS (a e b) DAS CURVAS I-D-F, PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 10 ANOS

Exemplo de Cálculo Valeta – V 2.3

Caudal Dimensionamento:

$$Q_p = C \times i_c \times A \times 2,78 \times 10^{-3} = (1 \times 53,909 \times 1,54) \times 2,78 \times 10^{-3} = 0,231 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Coefficiente de Escoamento (C):

C = 1 (Área 100% impermeabilizada)

Intensidade Crítica de Precipitação (i_c)

$$i = 348,82 \times 30^{-0,549} = 53,909 \text{ mm/h}$$

Dados de Cálculo:

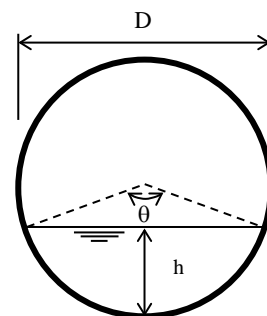
$$\varnothing = 0,60 \text{ m} \quad k_s (\text{Betão}) = 75 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1} \quad J = 0,005$$

Valeta Meia Cana, ($h=0.3\text{m}$)

$$\theta = 2 \arccos \left(1 - \frac{2h}{D} \right) = 3,142 \text{ Rad} = \pi \text{ Rad}$$

Secção molhada (S)

$$S = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta) = 0,141 \text{ m}^2$$



Raio Hidráulico (R)

$$R = \frac{D (\theta - \sin \theta)}{4 \theta} = 0,15 \text{ m}$$

Caudal Admissível (Q_{adm})

$$\therefore Q_{adm} = 75 \times 0,141 \times 0,15^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0,005} = 0,212 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_p = 0,231 > Q_{adm} = 0,212$$

A valeta em estudo V2.3 (pertencente à célula A1, zona impermeabilizada), que dá continuidade a uma anterior valeta V2.2 correspondente a uma área adjacente nas mesmas condições de impermeabilização. A valeta V2.3 foi dimensionada para transportar o caudal de ambas as bacias de drenagem numa valeta pré-fabricada de diâmetro máximo de aplicação com DN600, descarregando o seu caudal na valeta de plataforma da via circundante.

Nesta demonstração de cálculo da valeta V2.3 pode-se verificar que a condição de segurança para drenagem de todo o caudal não é verificada no caso de intensidade crítica de precipitação, no entanto a estação de elevação está dimensionada para caudais de ponta muito mais elevados (ponto 3.8.3), considerando uma área mais gravosa (área impermeabilizada, correspondente ao arranque da Fase 4 de exploração, ponto 3.8.1). Pelo referido, considerou-se nesta, ou semelhante situação o galgamento da valeta pré-fabricada, desde que não correspondesse a mais de metade da sua capacidade.

É de referir que esta situação só se verifica no nível da implementação da valeta anteriormente referida V2.x. Apresenta-se em anexo o dimensionamento das valetas de drenagem de águas

pluviais, (Anexo I) e as soluções admitidas para a implementação das valetas de drenagem podem ser observadas na, (Figura 3.9).

Na Figura 4.22 apresenta-se a visão geral da célula A para RSU e Escórias, e na Figura 4.23 a visão geral da célula B para cinzas inertizadas.



FIGURA 4.22 – VISÃO GERAL DA CÉLULA A, (ARQUIVO PESSOAL).



FIGURA 4.23 – VISÃO GERAL DA CÉLULA B, (ARQUIVO PESSOAL).

A Sul das células A, no talude de aterro de contenção da Ribeira do Porto Novo, serão implementadas valetas para proteção da erosão do mesmo.

O sistema de águas pluviais na via circundante da 3ª Fase do AS, com recurso a sumidouros e condutas de drenagem, descarrega o efluente das células B, A3 e A4 para uma linha de água através de um caminho florestal localizado a sudeste da célula A (solução preconizada para a dispersão de águas pluviais). Os efluentes das células A1 e A2, em conjunto com as valetas do talude Sul de contenção, são encaminhados para a boca de lobo a Sul da estação de elevação para dispersão na Ribeira do Porto Novo.

As águas pluviais que descarregam na via a Oeste da célula A, serão encaminhadas para a Ribeira do Porto Novo, paralela ao limite a Oeste da área da 3ª Fase do AS da Meia Serra.

Encontra-se representada em anexo a planta de implementação e pormenores para o sistema de drenagem de águas pluviais, (Anexo J).

4.6 Águas de Nascente

Os aterros de suporte no pé de talude das células desempenham um papel importante na estabilidade e contenção do depósito de RSU, e por esta razão torna-se vital a garantia das condições de segurança dos mesmos. Apesar de todo o aterro estar devidamente impermeabilizado e equipado com mecanismos de drenagem de efluentes, que asseguram as condições de aterro seco e conseqüente incremento dos fatores de segurança, é aconselhado que as fundações de aterros sejam dotadas de órgãos de drenagem que garantam o adequado escoamento dos caudais infiltrados.

No entanto a aplicação deste tipo de órgãos de drenagem em situação de funcionamento irregular do sistema de impermeabilização, poderá contaminar o meio ambiente adotado para a sua dispersão.



FIGURA 4.24 – TALUDES DA BASE DA CÉLULA A1 COM MAIOR INCIDÊNCIA DE NASCENTE EFLUENTES, (ARQUIVO PESSOAL).

Devido às condições climáticas adversas afetas à localização da ETRS da Meia Serra e condições geológicas desconhecidas na base de aterro da célula A1, detetaram-se como já referido no ponto (4.4), nascentes efluentes à base da célula A nos taludes inferiores da

mesma, sendo estas verificadas nos dias decorrentes, após precipitações intensas. Podem ser observadas as zonas de algumas nascentes nas Figuras 4.24 e 4.25.

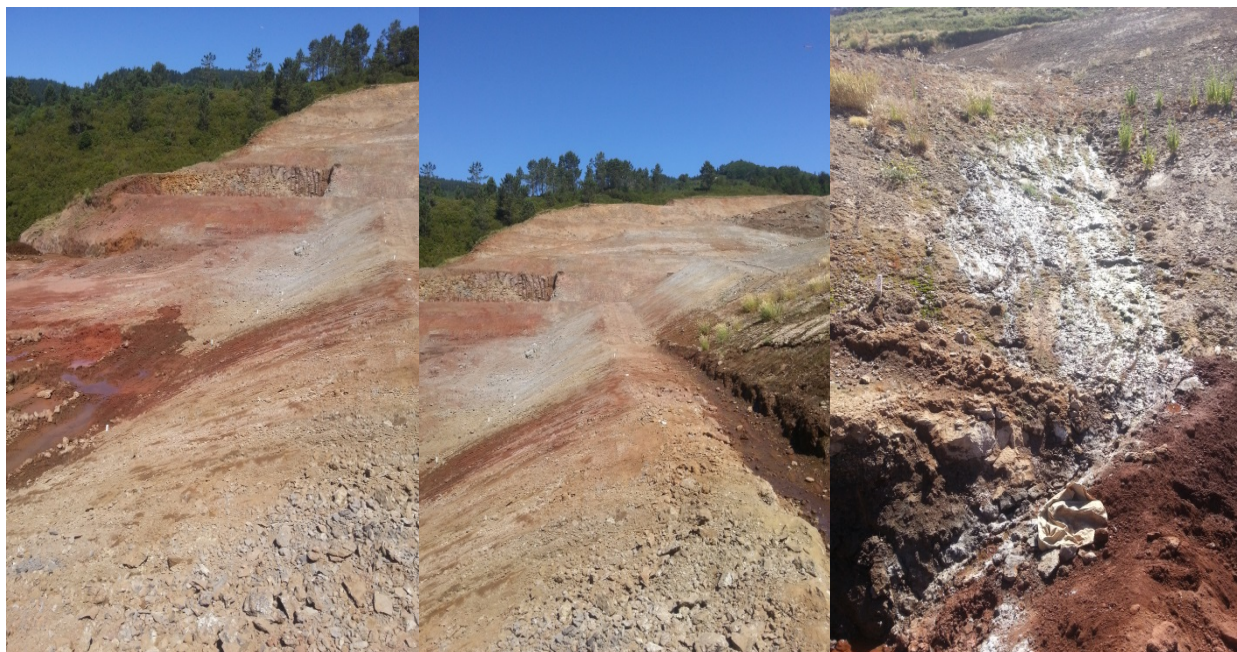


FIGURA 4.25 – PORMENORES DOS TALUDES DA BASE DA CÉLULA A1 COM MAIOR INCIDÊNCIA DE NASCENTE EFLUENTES, (ARQUIVO PESSOAL).

No intuito de garantir a segurança do aterro e preservação do meio ambiente, equacionou-se uma solução que garantisse essa estabilidade. Esta teve como premissa, o levantamento das zonas de surgimento de águas de nascentes sendo que, para tal, foi requerido à Fiscalização e Empreiteiro um registo histórico do ano 2013, em conjunto com a verificação em obra após precipitações. Com o estudo deste levantamento, equacionou-se a solução de implementação de valas de drenagem ao longo das banquetas interiores à célula nas zonas detetadas, com a aplicação de um dreno (tubo ranhurados com DN300), envolvido numa camada de filtro com camada de brita de espessura 0,50 m e camada de geotêxtil não tecido de 500 g/m^2 , sendo a colocação do material dos filtros efetuada de modo a evitar a sua segregação.

Para a abertura de valas em certas zonas de maciços rochosos, e para além da pá carregadora da giratória, recorreu-se à utilização de martelo pneumático para execução do desmonte das mesmas. As zonas de taludes com presença de nascentes, foram intervencionadas e aplicado o sistema de proteção já descrito no ponto 4.4.

A capacidade do sistema de drenagem implementado será calculada, com recurso à fórmula de Gauckler-Manning-Strickler;

$$Q = K_s A R^{2/3} J^{1/2}$$

Q – Caudal, em (m³/s);

K_s – Coeficiente de Strickler, depende da rugosidade interior da conduta, em (m^{1/3}/s);

A – Área molhada, em (m²);

R – Raio hidráulico em (m);

J – Pendente da linha d'água em m/m;

Segundo o fabricante o coeficiente de rugosidade considerado para o cálculo do tubo dreno é (K_s = $\frac{1}{0,016} = 62,5$ m^{1/3}/s). O tubo dreno implementado é de diâmetro 315 mm, e a menor pendente, 2,5%, que por sua vez limita a capacidade de drenagem do sistema, encontra-se no fundo da célula A1, reunindo todas as drenagens neste troço e encaminhando para dispersão em meio natural.

A capacidade do sistema é considerada em secção cheia, assim sendo:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,3^2}{4} \cong 0,071 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{A}{\pi \times D} = \frac{0,07}{\pi \times 0,3} \cong 0,075 \text{ m}$$

$$Q = 62,5 \times 0,071 \times 0,075^{2/3} \times 0,025^{1/2} \cong 0,125 \text{ m}^3/\text{s} = 125 \text{ l/s}$$

Assim o sistema implementado para drenagens de águas de nascentes tem capacidade máxima para transporte de 125 l/s. Na Figura 4.26 podem ser observadas as valas de drenagem executadas na célula A1.

A dispersão das águas de nascentes é efetuada com recurso a um coletor enterrado, que atravessa a via circundante, ligando à caixa de visita de águas pluviais recolhidas do sistema anterior referido (ponto 4.5). No entanto esta solução pode implicar, como já referido anteriormente, contaminação do meio receptor.

Para permitir o controlo de emissões contaminantes, a caixa de visita (que receciona o afluente) foi dividida em duas secções, com recurso a uma parede divisória em betão executado no seu interior, separando os sistemas efluentes rececionados.

A secção de jusante da caixa receciona o afluente das águas pluviais, provenientes das células A1 e A2, através da via circundante e descarregando o efluente na conduta de ligação á boca de lobo a jusante da estação de elevação.



FIGURA 4.26 – SISTEMA DE DRENAGEM ÁGUA DE NASCENTE NO FUNDO DA CÉLULA A1 E BANQUETAS, (ARQUIVO PESSOAL).

A secção de montante da caixa receciona as águas de nascentes em questão, sendo possibilitado duas formas de descarga do efluente na solução implementada, com recurso a passa-muros flangeado de PEAD DN500, em que inicialmente se processa com recurso ao passa-muros instalado na secção de separação da caixa, descarregando-se na Ribeira do Porto Novo. A segunda forma de descarga conta com um “*Bypass*” da caixa de visita de águas pluviais para a caixa de recolha de lixiviados (que descarrega seu afluente no poço de lixiviados). Na Figura 4.27 pode ser observado o muro de divisão interior à caixa de visitas de águas pluviais.

Esta última solução de “*Bypass*” foi preconizada com o intuito de ser ativo, quando detetado a contaminação das águas de nascentes pelo sistema de Monitorização Ambiental implementado na ETRS da Meia Serra, mais precisamente o controlo de águas superficiais e subterrâneas, nas estações de monitorização localizadas ao longo da Ribeira do Porto Novo.

Sendo a contaminação verificada, é possível confirmar se a origem é das águas de nascente, através de uma análise do afluente à caixa de águas pluviais. Caso se verifique a contaminação, com recurso ao “*Bypass*” e ao passa-muros flangeado, estas águas podem ser desviadas para estação de tratamento de águas residuais e lixiviadas, impedindo a contaminação da Ribeira do Porto Novo e por sua vez o meio ambiente. Em anexo pode ser

observado a planta geral do sistema de drenagem adotado na célula A para as águas de nascente, (Anexo K).



FIGURA 4.27 – CÂMARA DE VISITA DAS ÁGUAS PLUVIAIS (MURO DE DIVISÃO), (ARQUIVO PESSOAL).

4.7 Alteração da Drenagem de Lixiviados e Dimensionamento RAC

A introdução no projeto da 3ª Fase do AS de uma nova via de acesso à ETRS da Meia Serra, originou a alteração do sistema de drenagem e bombeamento dos lixiviados, tanto a nível da solução, como a nível de traçado inicialmente previsto.

A preconização de nova solução, como já referido no ponto 4.1, foi realizada tendo em vista a alteração da nova via de acesso, implicando que a drenagem de lixiviados da célula B será igualmente efetuada com recurso a um coletor gravítico, como previsto, mas no entanto, este já não se desenvolve até a estação de elevação, mas sim até uma câmara de transição de lixiviados, (Anexo L), localizada na intersecção da estrada circundante do aterro com a nova via de acesso.

A câmara de transição assegura a receção do efluente de lixiviados das células A e B, (Anexo M), em que o efluente da célula A é bombeado da estação de elevação, por meio de uma conduta elevatória, (Anexo N), ligando-se ao coletor gravítico precedente da célula B na câmara de transição. A partir deste ponto, tomará um regime de escoamento gravítico, por meio de um coletor, que se desenvolve ao longo da nova via de acesso até ao coletor,

existente nas imediações dos aterros da 1ª Fase A, paralelo à via de circulação interna da ETRS da Meia Serra, (Anexo L).

Esta solução provoca alterações nos traçados bem como, nos perfis longitudinais das condutas e suas extensões. Sendo que, as características dos traçados das condutas, e pendentes foram tomadas em consideração no desenvolvimento da nova solução, restou a verificação do dimensionamento do reservatório de ar comprimido (proteção do Golpe de Ariete).

Para o novo dimensionamento recorreu-se à ferramenta informática (folha de cálculo), desenvolvida no decorrer do programa da Unidade Curricular de Hidráulica e Hidrologia Computacional, a qual permite a modelação computacional do fenómeno do Golpe de Ariete, que ocorre numa tubagem que liga uma estação elevatória a um reservatório.

Esta ferramenta permite determinar e apresentar, graficamente e numericamente, a evolução ao longo do tempo do caudal escoado e da cota piezométrica na secção de montante da tubagem, quando ocorre o fenómeno hidráulico do Golpe de Ariete provocado pela paragem do grupo eletrobomba e atenuado pela existência de um RAC imediatamente a jusante da estação, permitindo o dimensionamento do mesmo.

Com o objetivo de verificar os resultados fornecidos pelo modelo, foi feita a sua aplicação à solução prevista no projeto, referida no ponto 3.8.6, cujos dados são apresentados no Quadro 4.5.

Dados Considerados no Projeto	Unidades	Valor
Caudal na conduta em regime permanente inicial	m ³ /s	0,056
Comprimento da conduta	m	470
Diâmetro interior da conduta	m	0,229
Espessura da conduta	m	0,0255
Cota inicial do nível do reservatório de montante	m	1113,00
Cota inicial do nível do reservatório de jusante	m	1168,70
Altura Manométrica de Elevação	m	61
Volume de ar inicial	m ³	0,80
Diâmetro interior do RAC	m	1,20
Cota de Água Inicial no RAC	m	1113,32

QUADRO 4.5 – DADOS CONSIDERADOS NO DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

Os dados apresentados não indicam o valor de celeridade das ondas elásticas em condutas circulares mas no entanto, recorrendo a fórmula que permite o cálculo da mesma segundo Borga, A. (2008).

$$c = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho \left(1 + \frac{\varepsilon \times D}{E \times e}\right)}}$$

Em que:

c – Celeridade das ondas, (m/s);

ε – Módulo de elasticidade volumétrica do líquido, (Pa).

ρ – Massa volúmica do líquido, (Kg/m³);

E – Módulo de elasticidade do material da conduta (módulo de Young), (Pa);

D – Diâmetro da conduta, (m);

e – Espessura da conduta, (m);

Para a determinação da celeridade, foi considerado o módulo de elasticidade volumétrica e massa volúmica da água ($\varepsilon = 2,2$ GPa e $\rho = 1000$ Kg/m³). Para o módulo de elasticidade da conduta de PEAD, foi considerado ($E = 0,8$ GPa).

$$c = \sqrt{\frac{2,2 \times 10^9}{1000 \times \left(1 + \frac{2,2 \times 10^9 \times 0,280}{0,8 \times 10^9 \times 0,0255}\right)}} \approx 265 \text{ m/s}$$

As hipóteses de cálculo que permitem a simplificação do modelo matemático (cálculo computacional), são equivalentes às descritas no ponto 3.8.6, com a exceção da modelação do comportamento do ar no interior de reservatórios hidropneumáticos admitindo-se n igual a 1 (comportamento térmico isotérmico do ar contido no RAC).

Apresenta-se no Quadro 4.6, os resultados do dimensionamento realizado com a folha de cálculo desenvolvida, e os resultados do dimensionamento de projeto.

Características	Unidades	Dimensionamento Verificação	Dimensionamento Projeto
Volume Mínimo	m ³	0,766	0,745
Volume Máximo	m ³	1,035	1,030
Caudal Mínimo	m ³ /s	- 0,032	- 0,037
Caudal Máximo	m ³ /s	0,056	0,056
Cotas Piezométricas no RAC			
Regime Permanente	m	1172,15	1172,15
Envolvente Máxima	m	1175,24	1174,01
Envolvente Mínima	m	1156,25	1151,02

QUADRO 4.6 – COMPARAÇÃO DE VOLUMES E CAUDAIS DO RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO NECESSÁRIO PARA O SISTEMA.

Após comparação dos valores obtidos, conclui-se que existe uma ligeira diferença nos resultados, provavelmente devida à não coincidência de algumas hipóteses de cálculo e dados utilizados. Essa diferença é mais acentuada quando se comparam os valores de cotas piezométricas, no entanto, os volumes e os caudais máximos e mínimos atingidos para o RAC representam uma boa aproximação dos valores de projeto, o que valida esta folha de cálculo para dimensionar o reservatório do novo traçado da conduta elevatória preconizada e possível verificação do RAC selecionado.

Para aplicação da folha de cálculo no dimensionamento do novo traçado da conduta de elevação, recolheu-se o novo perfil longitudinal da conduta elevatória e suas características, (Anexo N). Os valores a serem alterados, por consequência do novo troço, são os apresentados no seguinte Quadro 4.7, não alterando as restantes considerações tomadas no projeto de dimensionamento.

Dados Considerados no Novo Traçado	Unidades	Valor
Comprimento da conduta	m	330
Cota inicial do nível do reservatório de jusante	m	1172,27

QUADRO 4.7 – DADOS ALTERADOS NO DIMENSIONAMENTO DO NOVO TRAÇADO.

Após o dimensionamento e uma breve análise de resultados, pôde ser observado um aumento da envolvente de pressão máxima na secção do RAC. Assim sendo, de forma a atenuar os impactos que essas variações de pressão podem induzir à conduta de elevação, aumentou-se o volume de ar inicial do RAC para 1 m³.

Na Figura 4.28, apresentam-se as envolventes e cotas piezométricas do sistema elevatório, para o novo traçado da conduta elevatória.

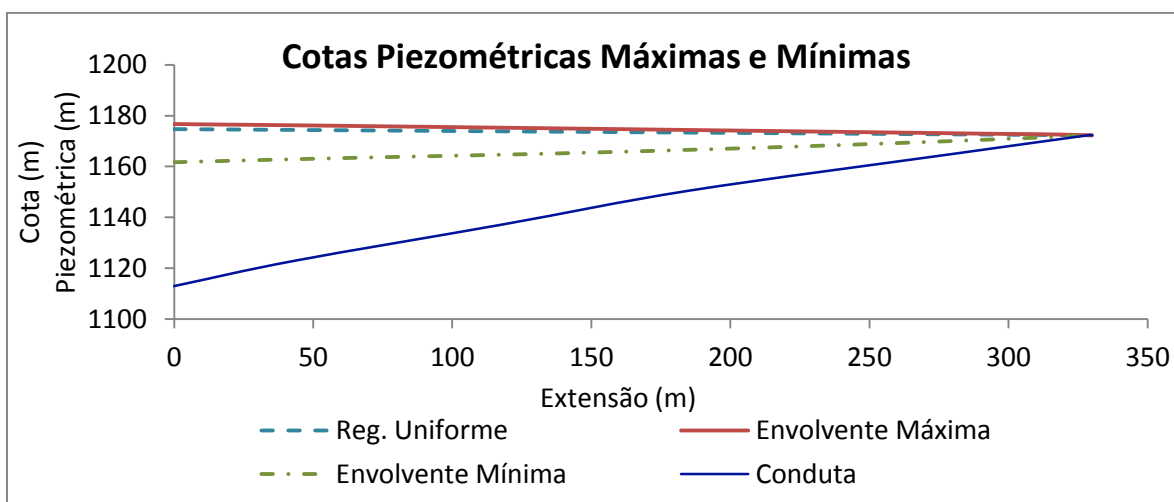


FIGURA 4.28 – ENVOLVENTES SUPERIOR E INFERIOR DE COTAS PIEZOMÉTRICAS DO NOVO SISTEMA ELEVATÓRIO

Resultados	Unidades	Dimensionamento Novo Traçado
Volume Mínimo	m ³	0,974
Volume Máximo	m ³	1,210
Caudal Mínimo	m ³ /s	- 0,031
Caudal Máximo	m ³ /s	0,056
Cotas Piezométricas no RAC		
Regime Permanente	m	1174,70
Envolvente Máxima	m	1176,63
Envolvente Mínima	m	1162,05

QUADRO 4.8 – VOLUMES E CAUDAIS DO RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO NECESSÁRIOS, E COTAS PIEZOMÉTRICAS (ENVOLVENTES SUPERIOR E INFERIOR) DO NOVO SISTEMA ELEVATÓRIO.

No Quadro 4.8, verifica-se que apesar do aumento do volume de ar inicial do RAC, a envolvente da pressão máxima mantêm-se superior à prevista no projeto no entanto, esta encontra-se dentro do limite da especificação de pressão do RAC (PN10). É de notar que este aumento está relacionado com a alteração da cota inicial do nível do reservatório de jusante, provocando um aumento generalizado das pressões exercidas no sistema, tornando os valores calculados aceitáveis para o dimensionamento em questão.

Em relação ao volume do RAC, o aumento do volume inicial de ar em conjunto com a alteração do traçado da conduta de elevação, implica que o resultado do mesmo seja superior ao dimensionamento do projeto. Apesar do verificado, conclui-se que o reservatório previsto em projeto que tem volume 1,50 m³, é suficiente para aplicação no novo traçado da conduta de elevação, devido à nova via de acesso.

CONCLUSÕES

O presente Trabalho Final de Mestrado teve como objetivo apresentar as experiências adquiridas e vividas ao longo do estágio curricular, no acompanhamento da obra da 3ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra.

O estágio compreendeu a integração na equipa responsável pela coordenação e fiscalização da obra, em que foram executadas várias atividades, sendo aqui apresentadas as mais revelantes. Esta primeira experiência profissional provou o quão importante é a interdisciplinaridade entre as várias partes envolvidas numa obra, para que esta seja bem executada e concluída dentro do prazo.

Do estudo e análise do projeto em conjunto com o implementado em obra, tornou-se possível a observação de aspetos que necessitariam de revisão e elaboração de nova solução construtiva ou de execução, apresentando-se de seguida as conclusões retiradas nestas atividades:

A elaboração de novas estimativas para deposição de resíduos com recurso aos dados quantitativos atualizados da receção e produção deposição e resíduos, traduzindo-se na extensão da vida útil das diferentes células de aterro.

O estudo das áreas de implementação do sistema de proteção ambiental e faseamento realizado da área de implementação da célula B de cinzas inertizadas, permitiu suavizar o investimento a ser realizado e diminuir os riscos de degradação do sistema de impermeabilização.

A necessidade de realizar a separação hidráulica entre águas pluviais e lixiviadas com recurso à implementação de valetas, permitiu a aplicação e consolidação do conhecimento académico adquirido, em virtude do dimensionamento e levantamento de dados para o mesmo.

O processo de execução do sistema de proteção ambiental nas células de aterro permitiu a interação direta com o Plano de Garantia de Qualidade da Instalação dos Geossintéticos (elaborado pelo LNEC), adquirindo conhecimentos técnicos dos materiais e dos métodos de aplicação dos sistemas.

A preparação do projeto de execução da nova via de acesso para esta obra permitiu a interação direta com a execução de toda a documentação necessária para o efeito bem como a redefinição de soluções para infraestruturas de ligação e seus equipamentos entre a estação de

tratamento e nova zona de aterro, estando estas alterações relacionadas diretamente com o projeto da nova via de acesso.

A alteração do sistema de drenagem e de elevação de lixiviados, permitiu preconização e acompanhamento de uma nova solução com definição do funcionamento e pormenorização dos sistemas afetos, possibilitando efetuar a verificação do dimensionamento do Reservatório de Ar Comprimido anteriormente aprovado na nova solução, com recurso a uma ferramenta informática (folha de cálculo), desenvolvida no percurso académico.

A deteção no decorrer da obra de águas de nascente nos taludes de escavação do fundo da célula A1, permitiu a interação com o estudo e execução de um sistema de valas de drenagem, bem como a definição de um sistema de “*Bypass*” para a drenagem de lixiviados em caso de contaminação das mesmas.

Conclui-se que o estágio foi uma excelente experiência profissional e que se atingiram os objetivos propostos, sendo muito gratificante para o estagiário, a oportunidade do acompanhamento ativo da execução da 3ª Fase do Aterro Sanitário da Meia Serra, efetivamente integrado numa equipa de trabalho com experiência na área. Foi igualmente recompensador poder aplicar e consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, bem como a aquisição de novos, através do contacto direto com a realidade da Engenharia Civil e com o atual mercado de trabalho, permitindo a compreensão do relacionamento das diversas entidades envolvidas na obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- POVT, (2013). *Programa Operacional Valorização do Território, Instituto Financeiro para o Desenvolvimento Regional. Acedido em 18/08/2013.*
<http://www.povt.qren.pt/>
- PERSU II, (2007). *Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Acedido em 12/07/2013.*
<http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/PERSU.pdf>
- PGQIG, (2013). *Plano de Garantia de Qualidade da Instalação dos Geossintéticos, Controlo de Qualidade da Construção dos Sistemas de Impermeabilização da 3.ª Fase do Aterro Sanitário da ETRS da Meia Serra (Ilha da Madeira), LNEC*
- Borga, A. (2008). *Apontamentos de Hidráulica Hidrologia Computacional – escoamentos em Pressão em Regime Variável, ISEL.*
- Mendes, L. (2011). *Apontamentos de Hidráulica Aplicada – Capítulo A – Drenagem Pluvial em Vias de Comunicação, ISEL.*
- Carta Geológica de Portugal, (1974). *Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Folha B – Ilha da Madeira, (Impressão 1974).*
- INMG, (1991). *O Clima de Portugal. Fascículo XLIX, Volume 6.*
- Decreto-Lei nº 23/95, de 23 de Agosto. *Diário da República nº194 – I Série-B. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Sistemas de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais.*
- V.A., (2013). *Relatório e Contas 2012, Valor Ambiente, S.A. Acedido em 4/06/2013.*
<http://www.valorambiente.pt/A-empresa/Documenta%C3%A7%C3%A3o>
- FCT, (2009). *Durabilidade de Geotêxteis Expostos a Diversos Factores Climatéricos. Acedido em 25/11/2013*
[http://geomuseu.ist.utl.pt/OG2009/Documentos%20Complementares/Congresso%20Geotecnia%20\(resumos\)/Congresso_Actas%20\(D\)/Volume%202/V2-19.pdf](http://geomuseu.ist.utl.pt/OG2009/Documentos%20Complementares/Congresso%20Geotecnia%20(resumos)/Congresso_Actas%20(D)/Volume%202/V2-19.pdf)

(EM SUPORTE DIGITAL ANEXO)

