
RESAT - VALORIZAÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, S.A.**CONSTRUÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO INTERMUNICIPAL DO ALTO TÂMEGA****ANEXO 1****ESTUDO GEOLÓGICO - GEOTECNICO****1 – GEOLOGIA E GEOTECNIA****1.1 - INTRODUÇÃO**

No presente capítulo apresenta-se uma caracterização dos terrenos de fundação ao Aterro Sanitário Intermunicipal do Alto Tâmega no âmbito do Projecto de Execução.

O estudo consistiu, quer na recolha e análise da informação geológica disponível, nomeadamente da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, folha nº 6-B (Chaves), Carta Neotectónica de Portugal Continental à escala 1/1000000, quer nas informações obtidas nos "Estudos Complementares de Geologia, Geotecnia e Hidrogeologia " executados pela firma Geonatura, e do parecer da eGIAmb referente ao estudo da Geonatura.

Realizou-se ainda uma visita ao local de implantação do aterro com o objectivo de efectuar um reconhecimento geológico de superfície. Este reconhecimento visou obter elementos relativos:

- à avaliação da espessura e natureza dos depósitos de cobertura e de terra vegetal;
- à litologia e estrutura das formações presentes;
- às características mecânicas destas formações, especialmente no que se refere à permeabilidade, resistência, deformabilidade e escavabilidade;
- às condições hidrogeológicas locais.

No presente capítulo começa-se por apresentar em 1.2 a caracterização geomorfológica, geológica, hidrogeológica e tectónica do local com base nos elementos bibliográficos obtidos e nas observações efectuadas no reconhecimento geológico de superfície.

Em 1.3 apresenta-se a metodologia seguida na definição dos trabalhos de prospeção complementar a executar no início das obras do aterro.

Por fim, em 1.4, tecem-se algumas considerações de índole geotécnica consideradas relevantes em relação às escavações, aos aterros, à drenagem, à contaminação de aquíferos e às condições de fundação dos edifícios de apoio.

1.2 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

1.2.1 - Geomorfologia

A zona prevista para a construção do Aterro Sanitário Intermunicipal do Alto Tâmega, é dominada pela chamada depressão de Chaves, formada durante a fase orogénica Alpina, que criou como que um rasgão no Planalto transmontano.

A Leste a depressão de Chaves é limitada pelo rebordo da escarpa da serra do Brunheiro com altitudes que chegam a atingir quase os 1000 m. A vertente, com direcção NE-SW, é, por vezes, muito inclinada, com características de escarpa de falha.

Para Oeste o relevo apresenta vários degraus até ao planalto do Barroso. O primeiro degrau a destacar-se é o de Sanjurge - Vale de Anta, com cotas entre cerca de 450 – 500 m de altitude, seguindo-se a plataforma de Bobadela, com cotas próximas dos 600 m, alcançando-se, por fim, por vertente abrupta, o cume da Serra de Leiranco, a cerca de 1127 m.

A bacia de Chaves é fechada a Sul pelo maciço granítico de Santa Bárbara.

A Norte do local previsto para a instalação do aterro sanitário destaca-se o alvéolo de erosão de Boticas cujo fundo fica a cerca de 500m de altitude.

No que diz respeito à área interessada pelo Aterro Sanitário, está inserida na plataforma da Bobadela, situando-se num pequeno vale associado a uma linha de água tributária do Rio Terva, encaixado entre duas colinas, com altitudes entre cerca de 600 e 645 m.

Na visita realizada ao local não foram reconhecidos indícios de escorregamentos, com expressão assinalável, quer recentes quer históricos.

1.2.2 - Litoestratigrafia

A região onde se situa o aterro sanitário em estudo localiza-se na Zona Centro Ibérica, onde ocorrem metassedimentos do Paleozóico e rochas granitóides hercínicas.

As formações paleozóicas, de litologias essencialmente xistentas, são predominantemente de idade silúrica, apresentando-se, por vezes, muito metamorfisadas devido essencialmente às intrusões de rochas granitóides de diferentes tipos, ocorridas durante as diferentes fases da orogenia Hercínica.

Nas fracturas dos maciços graníticos, instalaram-se filões aplíticos e pegmatíticos, filões de quartzo e alguns de rochas básicas.

Na zona prevista para a construção do aterro sanitário ocorrem diversos filões pegmatíticos, com orientação predominante NW-SE, mas também com orientação N-S, com espessura variável, podendo em alguns casos, atingir 3 a 4 metros de espessura.

Verifica-se que a xistosidade apresenta orientação geral NW-SE com inclinações elevadas, normalmente entre 60° a 80° para NW.

Sobrejacente às formações xistentas ocorrem depósitos de cobertura que resultam da alteração do maciço rochoso.

A partir da carta geológica foi possível individualizar as seguintes unidades litoestratigráficas:

- Quaternário - Plio-Plistocénico
 - Depósitos de vertente
 - Solos residuais
 - Aluviões

- Paleozóico - Silúrico
 - Xistos metamórficos com intercalações de xistos grafitosos

- Rochas filonianas
 - Filões pegmatíticos

Depósitos de Vertente

Sob esta designação incluem-se os terrenos para cuja formação concorreu especialmente a acção da gravidade.

Revelam, em regra, fraca expressão na zona de intervenção, com espessuras que não devem ultrapassar os 1,5 m. São depósitos heterogéneos, constituídos por blocos angulosos de diversas dimensões, envolvidos por solos silto-argilosos a silto-arenosos.

Solos residuais

Sob esta designação incluem-se os terrenos totalmente transformados em solo, em que o material rocha sofreu um processo de alteração "in situ" que não permite observar quaisquer vestígios da estrutura do material original.

Trata-se de solos siltosos e silto-arenosos, envolvendo fragmentos de rocha com dimensão variável. No local de implantação da obra, estes depósitos cobrem praticamente toda a zona de intervenção, com espessuras máximas que se prevê que não ultrapassem 1,0 m.

Aluviões

As aluviões resultam da acumulação de materiais transportados pelo Rio Terva e, embora com menor expressão, pela linha de água que atravessa a área de intervenção.

A sua composição está normalmente relacionada com a constituição litológica das formações onde ocorrem e com a capacidade de transporte das linhas de água onde se instalam. Assim, são essencialmente constituídas por matriz silto - arenosa ou arenosa envolvendo materiais rolados de dimensões de calhau até areia. Associados a estes materiais podem ocorrer ainda materiais angulosos de grandes dimensões, evidenciando transporte reduzido.

Em termos de espessura e expressão cartográfica estes depósitos têm maior representatividade nas margens do Rio Terva, especialmente nas zonas de meandros, onde podem atingir espessuras de cerca de 3,0 a 4,0 m. Na linha de água que atravessa a zona de intervenção, a acumulação destes materiais limita-se à zona do fundo do vale, não atingindo espessuras superiores a 1,5 m.

Xistos metamórficos com intercalações de xistos grafitosos

Trata-se da unidade litoestratigráfica com maior expressão na zona do aterro sanitário. Estão fundamentalmente representadas por litologias xistentas estratificadas as quais estão mais ou menos profundamente metamorfasadas e transformadas em xistos luzentes, xistos andaluzíticos, etc.

No local do futuro aterro sanitário o substrato rochoso é constituído por uma alternância de micaxistos e xistos grafitosos. Estas rochas apresentam-se à superfície de uma forma geral medianamente a muito alteradas, e intensamente fracturadas, formando um horizonte mais descomprimido que se prevê que possa atingir profundidades máximas da ordem da dezena de metros.

Filões pegmatíticos

Estes filões encontram-se encaixados nas rochas xistentas metamorfasadas formando uma estrutura marcada por uma geometria de contacto irregular e descontínua. Têm orientação preferencial segundo a direcção NW-SE, não obstante observarem-se algumas estruturas deste tipo com orientação N-S. A sua espessura é variável, atingindo, por vezes, 3 a 4 m.

1.2.3 - Tectónica

As falhas dominantes na região estão orientadas para NE-SW e NW-SE, formando sistemas conjugados associados à compressão final da Orogenia Alpina. Nalgumas destas fracturas instalaram-se filões de quartzo.

Nesta região, as linhas de água são ramificadas e sinuosas, o que pressupõe um controlo estrutural na instalação desses cursos de água. Contudo, as observações efectuadas, nesta fase, não permitiram confirmar se existiu realmente algum controlo estrutural.

Das observações efectuadas na zona de intervenção constata-se que a orientação das camadas, embora variável, é aproximadamente NW, com inclinações compreendidas entre 60° e 80° para NW.

A fracturação da rocha é muito variável, por vezes aleatória, tornando difícil estabelecer as principais famílias de descontinuidades. Pese embora estas dificuldades, apresentam-se as orientações das fracturas que se julgam mais importantes:

- N10° - 35° W; 60° - 80° NW
- N70° - 85°; subvertical.

1.2.4 - Hidrogeologia

Como seria de esperar, constata-se existir uma estreita relação entre as características hidrogeológicas, a topografia e as unidades litológicas presentes.

As unidades do tipo aluvionar, de rara ocorrência e reduzida espessura, como já se referiu anteriormente, podem constituir pequenos aquíferos hidraulicamente dependentes do nível dos cursos de água que os alimentam.

Quanto aos solos residuais e depósitos de vertente, que tal como os anteriores têm diminuta representatividade na zona em estudo, têm, em regra, características de permeabilidade passíveis de facilitar a infiltração das águas e a sua posterior percolação no contacto com as formações rochosas subjacentes, menos permeáveis.

As formações rochosas, cobertas por solos pouco espessos e abundante vegetação, apresentam fundamentalmente características de permeabilidade em grande. A percolação das águas faz-se sobretudo pela rede de fracturas, pelo que deverá diminuir em profundidade devido à colmatação e/ou fechamento das descontinuidades.

As produtividades destes aquíferos são, quase sempre, relativamente baixas e muito sensíveis ao regime pluviométrico, revelando baixos coeficientes de armazenamento.

Tal situação aponta, portanto, no sentido de não serem previsíveis grandes afluições de água nos taludes de escavação, sendo ainda menos verosímil que, a ocorrer alguma afluição, ela se instale durante grandes períodos de tempo.

Na zona de intervenção não se observaram quaisquer poços de captação de água.

1.2.5 - Neotectónica e sismicidade

Do ponto de vista tectónico, verifica-se que a região foi afectada por um grande acidente, o qual corresponde a uma falha de cisalhamento dúctil - a falha Penacova - Régua - Chaves.

A falha em questão corresponde a um cisalhamento destrógiro que se estende desde Castro Daire para NW passando por Vila-Real e Chaves. Trata-se de um acidente tectónico de primeira grandeza e que é considerado como uma falha activa provável na carta Neotectónica de Portugal Continental. No entanto, este acidente apresenta uma actividade sísmica de baixa magnitude, embora tenha sido registado um valor máximo de V, na zona da Régua.

Deve porem referir-se que tal acidente tectónico não afecta directamente a zona onde será construído o aterro sanitário, distando desta cerca de 20 km.

De acordo com o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas e Edifícios e Pontes (RSASEPE), a zona em análise está incluída na zona sísmica D, de menor sismicidade, a que corresponde um coeficiente de sismicidade (α) de 0.3.

Quanto à natureza dos terrenos, e com vista à definição do coeficiente sísmico de referência (β), considera-se que no local predominam os terreno tipo I (rochas e solos coerentes rijos).

1.3 - RECONHECIMENTO GEOTÉCNICO COMPLEMENTAR

Em face da pouca informação geológico-geotécnica existente, a qual não abrange toda a área em estudo, e da impossibilidade de completar esta informação durante a fase em que decorreu o projecto de execução, julga-se importante a realização de uma campanha de prospecção complementar, logo no início das obras do aterro, de modo a confirmar os pressupostos assumidos neste estudo.

Assim, apresenta-se a metodologia que deverá ser seguida na definição dos trabalhos de prospecção geotécnica a executar e indicam-se os tipos e as quantidades propostas para cada um dos trabalhos de prospecção a realizar.

O plano de prospecção será executado de molde a caracterizar do ponto de vista geológico-geotécnico a zona do aterro.

Tendo em consideração a obra em questão e os objectivos pretendidos julga-se ser necessário realizar os seguintes tipos de trabalhos de prospecção:

- Poços de prospecção
- Recolha de amostras remexidas
- Sondagens à rotação
- Ensaios de penetração dinâmica (SPT)
- Ensaios de permeabilidade do tipo Lugeon

No que respeita aos ensaios laboratoriais, admite-se ser necessário executar:

- Ensaios de identificação (granulometrias e limites de consistência)
- Ensaios de permeabilidade
- Ensaios de compactação (Proctor modificado)

Os trabalhos de prospecção deverão ser iniciados com a realização de uma campanha de poços de prospecção, que permitirá:

- determinar a natureza e a espessura de terra vegetal e dos depósitos de cobertura que poderão ser explorados na área tendo em vista a sua reutilização;
- observar o substrato rochoso, dando particular atenção à estrutura, ao estado de alteração e grau de fracturação do maciço, com a finalidade de avaliar a resistência e deformabilidade dos terrenos de fundação, bem como as suas características geotécnicas tendo em vista a reutilização nos aterros;
- recolher amostras remexidas para posterior realização de ensaios laboratoriais.

Tendo em atenção a área a estudar, julga-se que será necessária a realização de 15 poços na zona de implantação do aterro sanitário e zonas envolventes e a recolha de 11 amostras remexidas.

Sobre 4 amostras remexidas dos solos representativos colhidos nos poços de prospecção deverão ser realizados 2 ensaios de compactação tipo Proctor modificado, de modo a serem determinados os parâmetros de compactação dos solos a utilizar, quer nos aterros de regularização da fundação quer nas camadas de impermeabilização.

Sobre outras 5 amostras de solos colhidas nos poços deverão ser realizados ensaios laboratoriais de identificação (granulometrias com sedimentação e limites de consistência). Deverão ainda ser realizados ensaios de permeabilidade em permeâmetro sobre 2 amostras remexidas de solos e 2 amostras compactadas com teores em água entre o $\square_{\text{opt.}}$ e $\square_{\text{opt.} +1}$, para em conjunto, se poder avaliar a aptidão dos solos na execução das camadas de impermeabilização do aterro sanitário.

Em conjunto com a campanha de poços prevê-se que seja necessário realizar cerca de 5 sondagens à rotação nas zonas onde se prevêem as maiores alturas de escavação, com comprimento máximo de cerca de 35 m, com a finalidade de observar os terrenos atravessados e avaliar as suas características geomecânicas.

Na zona mais superficial e descomprimida do maciço e sempre que as condições de execução das sondagens o permitam, deverão ser realizados ensaios SPT.

No decurso da furação deverão ser realizados ensaios de permeabilidade do tipo Lugeon cuja localização deverá ser definida no local em função das características dos terrenos atravessados. Em princípio prevê-se a realização de 2 ensaios por sondagem.

Estas sondagens permitirão ainda identificar a posição do nível freático, que eventualmente seja detectado, e permitirão a instalação de piezómetros, caso se verifique a sua necessidade.

A informação obtida com a campanha de prospecção conduzirá por certo a um melhor conhecimento dos terrenos, em particular no que se refere às características de permeabilidade, resistência e deformabilidade, permitindo adaptar o projecto às condições existentes.

1.4 - CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS

1.4.1 - Generalidades

Com base no conjunto de elementos colhidos, procede-se em seguida à análise das questões de índole geotécnica que se poderão colocar, atendendo às características da obra.

São analisadas questões como:

- a espessura da terra vegetal;
- as escavações - escavabilidade, inclinação dos taludes e reutilização dos materiais escavados;
- os aterros - fundação dos aterros e inclinação dos taludes;
- a camada argilosa de impermeabilização e regularização da fundação;
- a camada mineral permeável de drenagem dos lexiviados;
- a drenagem de águas superficiais e profundas;
- a contaminação de aquíferos;
- as condições de fundação dos edifícios de apoio.

1.4.2 - Terra vegetal

Constata-se que a espessura de terra vegetal está intimamente associada com a natureza dos terrenos ocorrentes. Em terrenos xistentos a espessura da terra vegetal é reduzida, com valores em regra entre 0 e 0,5 m, com ocorrências esporádicas de valores um pouco superiores em zonas localizadas.

Deverá prever-se que a terra vegetal que se obtiver no decurso dos trabalhos de terraplenagens, seja levada a depósito para a utilização no revestimento de cobertura do aterro.

Tendo em conta ainda o coberto vegetal da zona é de prever a necessidade de se proceder a uma eventual selecção dos materiais de modo a que as raízes de maiores dimensões sejam retiradas.

1.4.3 - Escavações

Da conjugação de toda a informação recolhida prevê-se, face ao grau de fracturação e estado de alteração do substrato rochoso, que seja possível proceder ao desmonte com equipamentos do tipo ripper até profundidades de cerca de 10,0 m. No entanto em zonas localizadas mais compactas poderá ser necessário recorrer a meios mecânicos mais potentes ou mesmo a meios pneumáticos.

Para escavações a profundidades superiores, prevê-se a necessidade de se ter de recorrer ao desmonte do maciço com recurso a explosivos.

De notar ainda que, de acordo com o reconhecimento de superfície realizado e com a cartografia existente do local, a zona do aterro sanitário é atravessada por um filão de granito pegmatítico com algum desenvolvimento local.

Prevê-se que o desmonte desta estrutura possa ser realizado, na zona mais fracturada e alterada, com o recurso a meios pneumáticos. Em profundidade e, onde o filão se apresente menos alterado e fracturado, terá de se recorrer eventualmente ao desmonte com recurso a explosivos.

Tendo em atenção as observações efectuadas no local, à orientação da xistosidade e à experiência adquirida em formações com características semelhantes, recomenda-se, quando a xistosidade for favorável à inclinação dos taludes, a adopção de taludes com inclinação de 1V/1H a 1V/1,5H, até um máximo de 8,0 m. Para taludes com alturas superiores a 8,0 m prevê-se a execução de banquetas espaçadas de 8,0 m na vertical, com 3,0 m de largura. Quando a xistosidade for desfavorável à inclinação dos taludes, recomenda-se a adopção de taludes com inclinação de 1V/2H, até um máximo de 8,0 m, recorrendo-se igualmente à execução de banquetas com 3,0 m de largura espaçadas de 8,0 m na vertical quando os taludes apresentarem alturas superiores a 8,0 m.

Face às características dos materiais presentes, é de encarar a possibilidade de utilizar os materiais escavados na construção dos aterros, havendo contudo que tomar certas precauções quanto à sua colocação em obra dado o comportamento evolutivo que os mesmos apresentam.

1.4.4 - Aterros

Em face das observações efectuadas e dos elementos geológico-geotécnicos disponíveis prevê-se que os terrenos de fundação tenham características de resistência e de deformabilidade adequadas à fundação dos aterros do pé do aterro sanitário e de separação da área de exploração.

Para facilitar a sua construção e garantir uma maior estabilidade aos aterros deverá proceder-se ao endentamento (execução de degraus) no terreno de fundação. Com esta medida, não se prevê que seja necessário efectuar saneamentos superiores a 1,0 m que deverão corresponder à zona superior do maciço constituída pelos solos de alteração.

Os materiais a utilizar nos aterros serão, em princípio, obtidos directamente das escavações. Estes materiais devem estar isentos de matéria orgânica, raízes e elementos com dimensão superior a 0,1 m.

Para os taludes dos aterros considera-se adequado adoptar inclinações de 1V/2H.

Deverão ser executados por camadas com 0,2 m de espessura e colocados com um teor de humidade entre o ω_{opt} e $\omega_{\text{opt}+1}$ e com um grau de compactação mínimo de 98% em relação ao ensaio Proctor pesado, de modo a garantir um ângulo de atrito mínimo de 38°.

A detecção qualquer afluência de água na superfície de fundação dos aterros deverá ser captada e levada para fora da zona de influência do aterro a fim de não provocar o arraste de finos e de não criar sub-pressões nas zonas de contacto do aterro com o terreno de fundação.

1.4.5 - Camada de regularização e protecção

O terreno onde está previsto construir o aterro sanitário é constituído, conforme já salientado, por micaxistos.

A colocação de geomembranas directamente sobre aqueles materiais não é aceitável porque estas podem ser rasgadas e danificadas. Deve então prever-se, nas plataformas do aterro e antes do assentamento das membranas impermeáveis, a colocação de uma camada de regularização e preenchimento constituída por materiais seleccionados da escavação, isentos

de pedras e de materiais angulosos, com uma espessura mínima de 0,2 m sobre pontas rochosas, o que deverá conduzir a uma espessura média da ordem de 0,3 m.

Em zonas de talude, deverá prever-se, antes do assentamento do geossintético bentonítico, a colocação de uma camada de regularização com uma espessura máxima de cerca de 0,1 m necessária ao recobrimento das pontas rochosas que resultarem após a regularização e limpeza da superfície de escavação.

1.4.6 - Camada mineral permeável

Na base do aterro sanitário é recomendável e exigido que se construa uma camada mineral permeável para captar os leixivados do aterro sanitário.

Dadas as formações presentes na zona de intervenção, de natureza xistenta, pode adiantar-se, com segurança, que os materiais não apresentam características físicas adequadas para constituir a camada mineral, pelo que, se terá de recorrer a manchas de empréstimo destes materiais na região.

1.4.7 - Drenagem de águas da fundação

Tendo em consideração as características das formações presentes não serão de esperar ocorrências significativas de água durante as escavações para a construção do aterro, sendo ainda mais improvável que, ao ocorrerem ressurgências, elas se instalem durante grandes períodos de tempo.

Para não afectar as frentes de trabalho é, contudo, necessário prever a implementação de algumas medidas para captar e drenar eventuais águas superficiais e subterrâneas, a fim de não provocarem o arrastamento de finos do aterro e de não criarem sub-pressões nos geossintéticos na base do aterro sanitário.

1.4.8 - Contaminação de aquíferos

Tomando em consideração as características dos terrenos presentes, o modelo hidrogeológico desta zona consiste na ocorrência de aquíferos de superfície livre, constituídos pelos depósitos recentes, com diminutiva representatividade e sem qualquer significado hidrogeológico.

Abaixo deste aquífero pode eventualmente existir um aquífero mais profundo nas formações xistentas e que resulta essencialmente de zonas muito fracturadas.

1.4.9 - Condições de fundação dos edifícios de apoio

Face às características das formações observadas e ao tipo de edifícios a construir é de encarar que o terreno de fundação apresente condições adequadas de resistência e de deformabilidade para servir de fundação aos edifícios de apoio, desde que sejam atravessados os depósitos superficiais e a zona superior do maciço mais alterada e descomprimida, cuja espessura se estima seja da ordem de 1,0 a 2,0 m.

ÍNDICE

	Pág.
1 - GEOLOGIA E GEOTECNIA	1
1.1 - INTRODUÇÃO	1
1.2 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	2
1.2.1 - Geomorfologia	2
1.2.2 - Litoestratigrafia	3
1.2.3 - Tectónica	5
1.2.4 - Hidrogeologia.....	6
1.2.5 - Neotectónica e sismicidade	7
1.3 - RECONHECIMENTO GEOTÉCNICO COMPLEMENTAR	7
1.4 - CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS	10
1.4.1 - Generalidades	10
1.4.2 - Terra vegetal.....	10
1.4.3 - Escavações	11
1.4.4 - Aterros	12
1.4.5 - Camada argilosa de impermeabilização e regularização	12
1.4.6 - Camada mineral permeável	13
1.4.7 - Drenagem de águas da fundação	13
1.4.8 - Contaminação de aquíferos	14
1.4.9 - Condições de fundação dos edifício de apoio	14



RESAT - VALORIZAÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, S.A.

*SISTEMA INTERMUNICIPAL DE RECOLHA E TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS DO ALTO TÂMEGA – 1ª FASE*

CONSTRUÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO INTERMUNICIPAL DO ALTO TÂMEGA

**CONCURSO PÚBLICO INTERNACIONAL
NO ÂMBITO DA UNIÃO EUROPEIA**

VOLUME 1 – ATERRO SANITÁRIO E INSTALAÇÕES DE APOIO

ANEXO 1

ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTECNICO

FEVEREIRO 2001

