



SUBCONCESSÃO DO DOURO INTERIOR

IC5 - LANÇO MURÇA (IP4) / NÓ DE POMBAL

TRECHO: CARLÃO / NÓ DE POMBAL (SOLUÇÃO ALTERNATIVA NORTE)

PROJECTO DE EXECUÇÃO

VOLUME 3 – ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	3
2 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	4
2.1 - Geomorfologia	4
2.2 - Litoestratigrafia	5
2.2.1 - Formações de Recobrimento.....	6
2.2.1.1 - Aterros (At).....	6
2.2.1.2 - Depósitos Aluvio-coluvionares (Al/Co).....	6
2.2.1.3 - Solos residuais (Sr).....	7
2.2.2 - Formações de substrato	7
2.2.2.1 - Rochas ígneas	7
2.2.2.1.1 - Granitos sintectónicos, de grão fino a médio a grosseiro (γ_{fmg}).....	7
2.2.2.1.2 - Granitos pós-tectónicos, porfiróides de grão médio a grosseiro (γ_{pmg})	8
2.2.2.2 - Rochas metamórficas	9
2.2.2.2.1 - Rochas xisto-grauvacóides (CXG).....	9
2.3 - Tectónica	10
2.4 - Sismicidade.....	10
2.5 - Hidrogeologia.....	12
3 - PROSPECÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA	14
3.1 - Prospecção Sísmica	15
3.2 - Prospecção por Penetração Dinâmica.....	20
3.3 - Sondagens Mecânicas.....	22
3.4 - Poços de Prospecção	25
3.5 - Ensaios Laboratoriais	26
4 - TERRAPLENAGEM	28



4.1 - Decapagem.....	28
4.2 - Escavações.....	28
4.2.1 - Ripabilidade	28
4.2.2 - Geometria dos Taludes de Escavação	30
4.2.3 - Revestimento dos Taludes de Escavação	39
4.3 - Aterros	39
4.3.4 - Fundação dos aterros.....	39
4.3.5 - Geometria dos Taludes de Aterro.....	41
4.3.1 - Revestimento dos Taludes de Aterro.....	45
4.4 - Drenagem	45
4.5 - Características Geotécnicas dos Materiais a Movimentar - Reutilização.....	47
4.5.2 - Características Geotécnicas dos Materiais.....	47
4.5.3 - Materiais para o Pavimento	50



SUBCONCESSÃO DO DOURO INTERIOR

IC5 - LANÇO MURÇA (IP4) / NÓ DE POMBAL

TRECHO: CARLÃO / NÓ DE POMBAL (SOLUÇÃO ALTERNATIVA NORTE)

PROJECTO DE EXECUÇÃO

VOLUME 3 – ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1 - INTRODUÇÃO

A presente memória refere-se ao “*Volume 3 – Estudo Geológico-geotécnico*”, elaborado na fase de Projecto de Execução em Maio de 2009, do trecho Carlão / Nó de Pombal do futuro IC5 entre Murça (IP4) e o Nó de Pombal, numa extensão de 23.935.17km.

Apoiado no reconhecimento geológico de superfície, na prospeccção efectuada nesta fase e ainda na Folha 2 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000 em conjunto com a respectiva notícia explicativa, este estudo foi realizado tendo por base as plantas e perfis longitudinais á escala 1:2000 (horizontal) e 1:200 (vertical).

Na sequência da análise da informação disponível e do reconhecimento de superfície realizado em Dezembro 2008, foi programada uma campanha de prospeccção geotécnica constituída por diferentes tipos de ensaios “in situ” e laboratoriais com o objectivo de complementar o presente estudo.

A presente memória faz referência às principais características geológicas das diferentes litologias, no que respeita à geomorfologia, litoestratigrafia, hidrogeologia, tectónica e sismicidade.

Após uma breve descrição e interpretação dos ensaios realizados, constantes das tabelas resumo apresentadas no Capitulo 3, onde se incluem todos os resultados dos

referidos ensaios, efectuou-se uma análise dos dados disponíveis, que serviu de base a formulação de várias considerações geotécnicas, nomeadamente no que respeita a decapagem, escavabilidade, condições de fundação de aterros, geometria de taludes, reutilização de materiais, etc.

Do presente estudo fazem ainda parte, um conjunto de peças desenhadas, plantas geológicas e perfis geológico-geotécnico, respectivamente as escalas 1:2000 (horizontal) e 1:200 (vertical).

2 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

2.1 - Geomorfologia

O traçado desenvolve-se num contexto regional do Nordeste transmontano, que está como a maioria do território Português integrado no Maciço Hespérico ou Ibérico, um dos fragmentos do soco hercínico Europeu resultante dos movimentos orogénicos provocados pela colisão de duas placas tectónicas continentais. A paisagem é diversificada e expressiva, num constante confronto entre serras, planaltos e os vales encaixados de rios como o Sabor, Tâmega, Tua e principalmente o Douro.

Apoiado no reconhecimento geológico de superfície e na folha 2 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000, verifica-se que a região onde se desenvolve o Sublanço do IC5 – Nó do IP4 / Nó de Pombal, é constituída por dois tipos litológicos predominantes. O primeiro é formado por rochas ígneas de natureza granitóide, incluídas no ciclo hercínico presentes desde o início do traçado (Km 7+000) até cerca do Km 12+800 e na parte final do traçado entre o Km 16+775 e o Km 23+935. O segundo diz respeito à coexistência de formações xisto-grauvacóides e rochas graníticas que afloram entre o Km 12+800 e o Km 16+775.

Aos dois tipos litológicos é possível associar duas zonas com características geomorfológicas distintas.

Na primeira, que interessa as formações granitóides, a morfologia é constituída por colinas aplanadas com os cumes a uma altitude compreendida entre os 750 - 800 m separadas por vales muito abertos. Nesta região a ocupação agrícola é intensa, distribuindo-se essencialmente pelas zonas baixas. Nas zonas de cotas mais elevadas

destacam-se na paisagem sob aspecto característico da região, geofomas graníticas de dimensões variáveis que cobrem a superfície topográfica despida de vegetação arbórea.

Surgem por vezes na paisagem sob aspecto característico de “caos de blocos”, consequência do fenómeno de disjunção esferoidal. Isto deve-se ao facto de todo o processo de alteração se verificar essencialmente ao longo das principais famílias de descontinuidades em profundidade, promovendo, desta forma, a formação de blocos arredondados, por vezes com dimensões consideráveis.

Na segunda zona que interessa formações xisto-grauváquicas, intruídas por rochas granitóides nomeadamente filões e massas aplito-pegmatíticas. A morfologia é caracterizada por um relevo mais recortado com os cumes das colinas situados entre as cotas 600 – 650 m e por vales apertados e de forte declive com linhas de água muito encaixadas (caso do Rio Tua). Existem algumas particularidades da geomorfologia com notável expressão no desenvolvimento regional, onde o forte condicionalismo geológico-estrutural forçou à construção dos característicos socalcos talhados na superfície do relevo permitindo a ocupação por vinhas ou oliveiras até ao topo das colinas.

Ao longo de todo o traçado são visíveis também alguns retalhos florestais, essencialmente pinhais e eucaliptais.

A rede de drenagem apresenta um padrão do tipo rectangular, com as principais linhas de água a correrem segundo uma direcção NNE/SSW coincidente com o sistema de fracturação tardi-hercínico, o que evidência o controlo estrutural da rede hidrográfica.

2.2 - Litoestratigrafia

A região em estudo insere-se na unidade paleogeográfica do maciço Hespérico denominada por Zona Centro-Ibérica (Julivert et al., 1974), que é definida através de critérios estruturais, estratigráficos e metamórficos.

Sobre estas formações podem observar-se em alguns locais, depósitos modernos de cobertura resultantes do desmantelamento e alteração do maciço rochoso circundante.

Do levantamento litológico dos corredores, efectuado por reconhecimento directo no terreno e complementado pelos resultados da prospecção mecânica, pode-se estabelecer as seguintes unidades que ocorrem ao longo do traçado:

- **Depósitos modernos**
 - Aterros (At)
 - Depósitos Aluvio-coluvionares (Al/Co)
 - Solos residuais (Sr)
- **Formações de substrato Hercínicas**
 - Granitos sintectónicos de grão fino a médio a grosseiro (γ fmg)
 - Granitos pós-tectónicos porfiróides de grão médio a grosseiro (γ pmg)
- **Formação de substrato (Câmbrico inferior)**
 - Complexo xisto-grauváquico (CXG)

2.2.1 - Formações de Recobrimento

2.2.1.1 -Aterros (At)

Ocorrem em alguns locais depósitos de aterro ou de entulho de composição variada, por vezes heterogéneos e com disposição irregular, resultantes da actividade antrópica e cuja espessura é muito variável podendo atingir valores acima dos 2-3 m. É o caso dos aterros rodoviários que constituem as actuais EM 594, EM 212, EM 582 e outras estradas e caminhos municipais atravessados pelo traçado. Nos aterros rodoviários predominam os materiais de natureza granítica, resultantes de desmontes efectuados aquando da abertura das respectivas estradas.

2.2.1.2 -Depósitos Aluvio-coluvionares (Al/Co)

Estes depósitos formam-se através da acumulação de materiais transportados pela água estando por isso associados às linhas de água mais importantes. Dado na zona em estudo, a rocha mãe ser predominantemente de natureza granítica, estes solos revelam-se essencialmente areno-siltosos por vezes silto-argilosos, com fragmentos de natureza diversa e granulometria da dimensão do seixo, angulosos a sub-rolados podendo conter elevados teores em matéria orgânica.



Merece particular destaque a zonas de baixa aluvio-coluvionar, localizada entre os km 19+500 a km 19+675 que apresentam possanças superiores a 3 metros de espessura. Além desta, ocorrem depósitos com menor significado associados a linhas de água de menor importância.

A designação cartográfica aluvio-coluvionar justifica-se para as zonas de bordadura das baixas aluvionares, por haver acentuada interpenetração da componente aluvionar, transportada pelo curso de água, e da coluvionar proveniente das encostas adjacentes ao vale.

2.2.1.3 -Solos residuais (Sr)

Correspondem aos solos essencialmente de granulometria média a grosseira resultantes da alteração “in situ” dos maciços graníticos subjacentes, surgindo na quase grande parte do traçado em possanças que poderão ser significativas, atingindo profundidades superiores a 7-8 metros.

Dada a natureza da formação de substrato os solos residuais são constituídos por areias médias a grosseiras siltosas, raramente argilosas.

2.2.2 - Formações de substrato

2.2.2.1 -Rochas ígneas

2.2.2.1.1 - Granitos sintectónicos, de grão fino a médio a grosseiro (γfmg)

Esta unidade granítica aflora aproximadamente entre o km 9+600 a 12+800 e do 16+775 ao final do traçado (km 23+935).

Terão resultado da fusão de grandes massas da crosta continental de composição heterogénea com uma componente dominante correspondente a metassedimentos hidratados (Almeida, 1994).

Estes são granitos de duas micas, essencialmente biotíticos, de tons esbranquiçado a cinzento claro (Leucocratas), por vezes de tons acastanhados associado ao grau de alteração (caulinização do feldspato).

Sob a sigla (γ fmg) surgem diferentes ocorrências de granitos caracterizados por diferentes texturas, granulometrias e em função da percentagens de moscovite e/ou biotite.

Relativamente à textura e granulometria estes dividem-se em granitos de grão fino (0.5 a 1 mm), granitos de grão médio (2 a 5 mm) e granitos de grão grosseiro (5 a 7 mm). Qualquer uma das fácies pode ser localmente porfiróide. Os contactos entre as diferentes fácies são em geral graduais e difusos em particular entre os tipos de grão médio e grosseiro.

Do ponto de vista petrográfico todas as fácies exibem composição mineralógica semelhante. Como principais minerais ocorrem o quartzo, plagioclase (sobretudo albite), feldspato potássico (microclina e ortoclase), moscovite e biotite. Os minerais acessórios são no essencial apatite, zircão, rútilo, silimanite e turmalina, na prospeção executada nestes maciços foram detectadas mineralizações de urânio.

A relativa abundância de moscovite e silimanite são indicadores mineralógicos do carácter peraluminoso destes granitos. Apresentam foliação de direcção NW/SE, e alguns raros megacristais de plagioclase.

Apesar do elevado grau de alteração superficial que a unidade evidência superficialmente foi possível definir no terreno as famílias principais de diaclases, duas das quais subverticais com direcção NW/SE e E/W e outra também com direcção NW/SE com inclinação sub-horizontal.

2.2.2.1.2 - Granitos pós-tectónicos, porfiróides de grão médio a grosseiro (γ pmg)

Trata-se da unidade granítica que está presente no início do traçado, mais concretamente entre o km 7+000 e aproximadamente o km 9+600.

Estes granitos possuem fácies e mineralogia idênticas às dos granitos sintectónicos, descritos anteriormente. Tal como eles, terão resultado da fusão de grandes massas de crosta continental. Os maciços que correspondem a estes granitos diferem dos

precedentes por apresentarem um carácter mais intrusivo e discordante relativamente a D3 embora na maioria dos casos ocorram em contextos idênticos aos dos sintectónicos.

Também, estes granitos são de duas micas, mais tardios, exibem várias fácies que foram agrupadas em diversas unidades em função da sua textura e granulometria.

As mais frequentes no traçado correspondem às fácies porfiróides de grão médio a grosseiro, onde os fenocristais, em geral de microclina, exibem orientação coincidente com a deformação D3.

Nesta unidade foi possível medir três famílias principais de diaclases duas das quais sub verticais e direcção NNW/SE e E/W e outra inclinada 30° para SW e direcção NW/SE.

2.2.2.2 -Rochas metamórficas

2.2.2.2.1 - Rochas xisto-grauvacóides (CXG)

Este tipo litológico, datado do Câmbrio inferior (Sousa & Sequeira, 1993), pertence ao Super Grupo Dúrico-Beirão (Complexo Xisto-Grauváquico) – Grupo do Douro, e é localmente conhecido por “Formação de Desejosa”.

Esta unidade ocorre entre os km's 12+800 a 16+775 e é caracterizada por alternâncias milimétricas a centimétricas de xistos cinzentos-escuros e finos leitões de metassiltitos claros que conferem à unidade um aspecto listrado. Localmente, intercalam-se bancadas de metagrauvaques.

O traçado interessa a formação metamórfica nas proximidades do contacto com a unidade granítica ($\gamma\pi mg$) pelo que são observados com alguma frequência enclaves graníticos no seio dos xistos.

O generalizado grau de alteração superficial é responsável pela escassez de afloramentos em condições que viabilizem uma determinação representativa de atitudes estruturais (xistosidade, diaclasamento e falhas). No entanto, verificou-se no terreno que as atitudes da xistosidade apresentavam direcções do tipo N/S com inclinações bastante variadas entre 26 a 64° para Oeste.



2.3 - Tectónica

O traçado insere-se na Zona Centro-Ibérica, interessando formações do Maciço Hespérico que foram sujeitas a sucessivas e importantes acções tectónicas no decurso da Orogenia Hercínica.

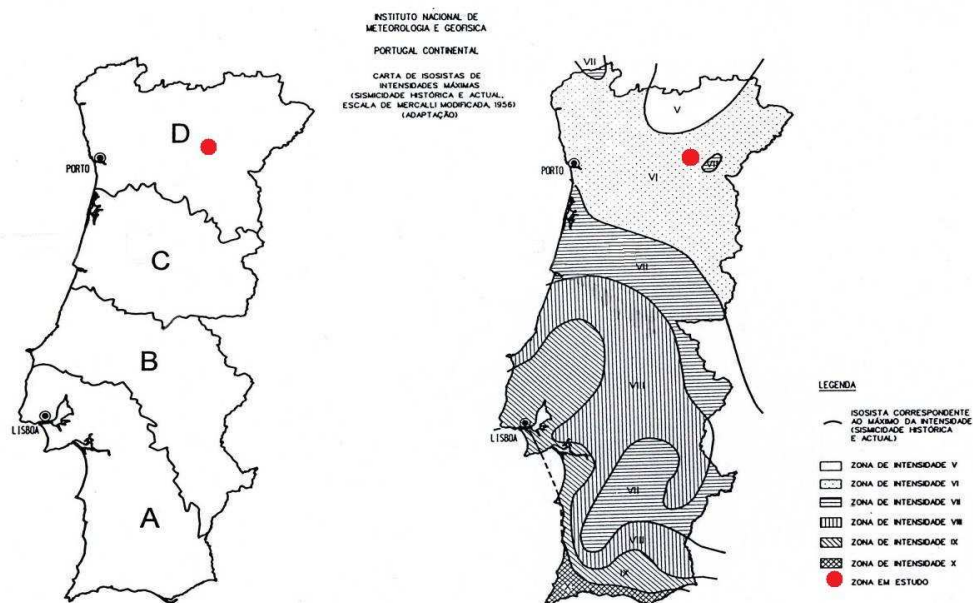
As formações foram, deste modo, sujeitas a diferentes fases de intensa actividade tectónica das quais durante a fase de deformação (F3) resultou a intrusão das massas graníticas em estudo.

Esta fase de deformação é igualmente responsável pela produção de foliação nos granitos sintectónicos. As rochas granitóides encontram-se cortadas por diaclases, identificando-se geralmente três famílias em que duas delas exibem também inclinação subvertical.

A região interessada é ainda cortada por grandes acidentes tardi-hercínicos e posteriores, de orientação geral NNE/SSW, em regra frágeis e onde predominam os desligamentos esquerdos.

2.4 - Sismicidade

De acordo com os sismos históricos e instrumentais registados, segundo dados compilados pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica na carta de isossistas de intensidades máximas (1986), as intensidades sísmicas máximas terão atingido o valor de VI - VII na região do traçado (Figura seguinte), de acordo com a escala de Mercalli modificada.



Zonamento sísmico de Portugal Continental e carta de isossistas de intensidades máximas

Segundo o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP), a área em estudo situa-se na zona D, ou seja, de menor risco sísmico, à qual estão associadas diferentes acelerações sísmicas.

Os estudos de estabilidade devido à ocorrência de uma acção sísmica serão efectuados por uma análise pseudo-estática, de acordo com o EC8 (parte 1 e 5).

Definição da acção sísmica

Zona D (zonamento segundo o RSA)

- Acção sísmica tipo I (sismo de elevada magnitude a grande distância focal)

$$a_{gr} = 0.8 \text{ m/s}^2$$

- Acção sísmica tipo II (sismo de magnitude moderada a pequena distância focal)

$$a_{gr} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

Coeficientes Sísmicos

- $K_h = 0.5 / 9.8 = 0.051 \text{ g}$
- $K_h = 0.8 / 9.8 = 0.082 \text{ g}$ (mais desfavorável)
- $K_v = \pm 0.33 \times K_h = \pm 0.33 \times 0.082 = \pm 0.027 \text{ g}$ (actuando nos dois sentidos)

O facto do traçado estar implantado nas proximidades de uma zona de falha (Falha da Vilariga), considerada por vários autores como uma falha activa, leva a que a actividade sísmica seja de primordial importância na elaboração do Projecto da Estrada, particularmente no dimensionamento das diferentes estruturas.

2.5 - Hidrogeologia

A área abrangida pelo traçado é drenada pelo Rio Douro, através dos afluentes que atravessam a região, destacando-se o Rio Tua, e outras ribeiras de menor importância mas que trazem condicionantes da obra em projecto.

O ambiente geológico mobilizado é predominantemente de natureza granítica, apresentando assim uma elevada produtividade aquífera ao nível da rasante, bem como condições de retenção e armazenamento de água em aquíferos pouco profundos alimentados por porosidade. Na área em estudo e com base na litologia à qual estão intimamente ligadas características como a fracturação, permeabilidade, percentagem de material argiloso e siltoso, etc., verifica-se que do ponto de vista hidrogeológico, o traçado atravessa duas unidades fundamentais:

- Um complexo hidrogeológico poroso e muito alterado, associado aos elevados horizontes de alteração apresentados pelos maciços graníticos e à ocorrência de solos residuais ou depósitos de natureza aluvionar e coluvionar. Estes depósitos apresentam-se associados a condições hidrogeológicas mais produtivas e desfavoráveis, uma vez que a morfologia do substrato onde assentam corresponde a zonas depressionárias onde afluem não só as águas da escorrência superficial, como também as águas que percolam no interior dos maciços.

A natureza granulométrica areno-siltosa a argilo-siltosos confere-lhes uma elevada permeabilidade permitindo, assim, uma rápida infiltração da água para os níveis das formações subjacentes (“bed-rock”).

A espessura deste tipo de aquíferos é variável dependendo da possança dos depósitos que lhe estão associados, a qual é função da profundidade a que se encontra a “bed-rock” que confina inferiormente o aquífero. No entanto, só quando se encontram associados a linhas de água de maior importância poderão ultrapassar os 2 metros.

A este tipo de aquíferos, estão associados problemas geotécnicos derivados da pequena profundidade a que o nível freático se poderá encontrar e às fracas características mecânicas que estas formações apresentam. Assim, embora de expressão relativamente reduzida tendo em atenção a pequena espessura dos depósitos (geralmente inferior a 2 metros), poderão conduzir a alguns condicionamentos ao nível das escavações e fundação de aterros, particularmente em épocas de maior pluviosidade, em que os níveis freáticos se situem próximo da superfície, levando à realização de drenagens e rebaixamentos ou à utilização de métodos construtivos especiais.

- Por outro lado, um complexo hidrogeológico pouco permeável, constituídos pelos maciços rochosos são a pouco alterados e fracturados, os quais apresentam na generalidade reduzida produtividade de água, infiltrando-se e percolando a mesma no interior do maciço através de discontinuidades, sejam elas diaclases, falhas ou eventualmente zonas de esmagamento. Assim, a permeabilidade desta unidade é função directa da abertura das discontinuidades e do espaçamento entre elas, bem como o preenchimento que possa existir, onde o fluxo de água pode mesmo ser interrompido.

Nesta unidade, os aquíferos, caso existam, serão necessariamente do tipo profundo, pelo que eventuais ressurgências de água que se manifestem nos cortes estarão mais associadas a circuitos de alimentação do que a lençóis freáticos interceptados.

A ocorrência de fenómenos de disjunção esferoidal nos maciços graníticos propicia a existência de algumas bolsadas de rocha muito alterada a decomposta no seio de blocos de rocha de melhor qualidade, fomentando a existência de aquíferos suspensos. Estas

águas poderão acarretar alguns problemas relacionados com água sob pressão na vizinhança de taludes de escavação ou do pavimento.

3 - PROSPECÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA

Com o objectivo de complementar a informação existente e a colhida durante o reconhecimento de superfície e de, em primeira aproximação, caracterizar geotecnicamente as litologias interessadas pelo traçado e as zonas mais sensíveis do mesmo, foi executado um programa de prospecção que mobilizou meios mecânicos, geofísicos e laboratoriais:

Ensaios “in situ”:	
Perfis sísmicos (PSi-L6.2)	38
Penetrómetro dinâmico ligeiro (DPLi-L6.2)	16
Penetrómetro dinâmico super pesado (DPSHi-L6.2)	2
Sondagens mecânicas (Si-L6.2)	44
Poços de prospecção (Pi-L6.2)	24

Ensaios laboratoriais:	
Análise granulométrica	10
Teor em água natural	10
Equivalente de areia	10
Limites de consistência	10
Proctor modificado	6
CBR	6

De referir que no quadro anterior estão contabilizados os trabalhos de prospecção realizados na fase de projecto de execução da alternativa Sul do lote 6.2, a prospecção realizada para as obras de arte especiais como a ponte sobre o Rio Tua e também a prospecção adicional da qual ainda não temos resultados.

A localização da prospecção consta das plantas geológicas incluídas nas peças desenhadas do projecto, sendo transposta para os perfis geotécnicos constantes das peças desenhadas do projecto, a informação tida como mais relevante ou condicionante.

3.1 - Prospecção Sísmica

Com o objectivo de avaliar a ripabilidade dos cortes mais relevantes realizaram-se 38 perfis sísmicos de refração (PSi-L6). Para cada ensaio sísmico traçaram-se as respectivas dromocrónicas (curvas tempo-distância), a partir das quais foram determinadas as velocidades de propagação de onda e espessuras dos estratos correspondentes e daí o zonamento vertical do maciço. Esta informação também contribuiu para a aferição das geometrias dos taludes de escavação.

Com o objectivo de permitir uma leitura global e expedita do zonamento dos maciços em profundidade, projectou-se no perfil longitudinal do traçado o modelo geotécnico emergente da informação sísmica, cuja leitura porém deve atender à sobrelevação do terreno.

Para facilidade de leitura consideraram-se 4 geozonas definidas pelas seguintes velocidades de propagação das ondas sísmicas longitudinais:

Z1	$VL < 600 \text{ m/s}$
Z2	$600 < VL < 1400 \text{ m/s}$
Z3	$1400 < VL < 2000 \text{ m/s}$
Z4	$VL > 2000 \text{ m/s}$

Contudo, é de salientar que a ocorrência de afloramentos em que se verifica o fenómeno de disjunção esferoidal conduz a anomalias na chegada das ondas sísmicas, dificultando, assim, o trabalho de interpretação. De forma generalizada, os resultados obtidos indicaram alguma irregularidade nos perfis de alteração dos materiais.



Horizonte sísmico (Z1)

É o horizonte mais superficial, constituído por materiais que se apresentam facilmente escaváveis, como terra vegetal, aluviões, solos residuais pouco compactos, e encontra-se normalmente acima do nível freático.

Admite-se para este horizonte velocidades das ondas longitudinais inferiores a 600 m/s.

Horizonte sísmico (Z2)

Refere-se normalmente solos residuais com elevada compacidade e a maciços rochosos decompostos a muito alterados (grau de alteração W4-5) e muito fracturados (grau de alteração F5-4). As velocidades das ondas sísmicas para estes tipos de material encontram-se entre 600 a 1400 m/s, sendo estes terrenos na sua totalidade ripáveis.

Horizonte sísmico (Z3)

Corresponde a um maciço granítico ou xistento muito alterado (grau de alteração W4) e fracturado (grau de fracturação F4), com velocidades de propagação das ondas sísmicas compreendidas entre 1400 a 2000 m/s. Os maciços apresentam-se geralmente ripáveis, mas pontualmente ter-se-á que recorrer ao uso de explosivos.

Horizonte sísmico (Z4)

Constituído pelos maciços rochosos de melhor qualidade (grau de alteração W3 a W2-1), apresentando velocidades das ondas sísmicas superiores a 2000 m/s. Estes materiais serão praticamente na sua totalidade desmontados com recurso a explosivos.

No quadro 3.1, faz-se uma síntese dos resultados obtidos da prospecção geofísica.

Quadro 3.1 - Características gerais dos perfis sísmicos de refração

IC5 - Lote 6.2 (Fase Projecto de Execução)					
Perfil Sísmico	Localização (p.k.)	Litologia	VL (m/s)	Zonamento Sísmico	Profundidade de Ocorrência (m)
PS5-L6.2	7+125	$\gamma\pi mg$	< 600	Z1	< 1.0 - 1.0 - 0.0
			600 - 2000	Z2 / Z3	7.0 - 8.5 - 9.0
			2000 - 2900	Z4	> 7.0 - 8.5 - 9.0
PS6-L6.2	7+450	$\gamma\pi mg$	600 - 1400	Z2	2.0 - 1.0 - 4.0
			1400 - 3500	Z3 / Z4	8.0 - 13.0 - 17.0
			> 3500	Z4	> 8.0 - 13.0 - 17.0
PS100-L6.2	7+575	$\gamma\pi mg$	600 - 1200	Z2	< 4.5 - 2.5 - 2.0
			1200 - 2000	Z2 / Z3	6.5 - 4.0 - 4.5
			2000 - 3900	Z4	> 6.5 - 4.0 - 4.5
PS101-L6.2	7+925	$\gamma\pi mg$	400 - 800	Z1 / Z2	< 0.5 - 1.5 - 1.0
			800 - 2000	Z2 / Z3	9.0 - 10.0 - 9.5
			2000 - 2800	Z4	> 9.0 - 10.0 - 9.5
PS8-L6.2	8+375	$\gamma\pi mg$	< 500	Z1	< 0.0 - 1.2 - 0.5
			500 - 2000	Z2 / Z3	9.0 - 5.5 - 3.5
			> 2000	Z4	> 9.0 - 5.5 - 3.5
PS9-L6.2	8+625	$\gamma\pi mg$	600 - 1200	Z2	< 2.5 - 2.5 - 1.5
			1200 - 2000	Z3	11.5 - 11.0 - 10.5
			> 2000	Z4	> 11.5 - 11.0 - 10.5
PS102-L6.2	8+750	$\gamma\pi mg$	400 - 800	Z1 / Z2	< 1.5 - 2.5 - 0.0
			800 - 2000	Z2 / Z3	11.0 - 8.0 - 5.0
			2000 - 2800	Z4	> 11.0 - 8.0 - 5.0
PS10-L6.2	Nó de Carlão 0+125 Ramo A	Sr + $\gamma f mg$	< 500	Z1	< 1.5 - 0.7 - 0.9
			500 - 2000	Z1 / Z2 / Z3	6.0 - 5.5 - 5.5
			> 2000	Z4	> 6.0 - 5.5 - 5.5
PS-11-L6.2	Nó de Carlão 0+225 Ramo E	Sr + $\gamma f mg$	400 - 1300	Z1 / Z2	< 5.0 - 5.0 - 5.0
			1300 - 3100	Z3 / Z4	13.0 - 11.0 - 11.0
			> 3100	Z4	> 13.0 - 11.0 - 11.0
PS119-L6.2	Nó de Carlão 0+550 Ramo E	$\gamma\pi mg$	500 - 700	Z1 / Z2	< 1.0 - 1.5 - 1.0
			700 - 2000	Z2 / Z3	15.5 - 14.5 - 14.5
			2000 - 2100	Z4	> 15.5 - 14.5 - 14.5
PS12-L6.2	Nó de Carlão 0+575 Ramo E	Sr + $\gamma f mg$	< 500	Z1	< 0.1 - 0.8 - 0.8
			500 - 2000	Z2 / Z3	7.0 - 5.0 - 6.5
			> 2000	Z4	> 7.0 - 5.0 - 6.5

Legenda: $\gamma\pi mg$ - Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; $\gamma f mg$ - Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico.

Quadro 3.1 - Características gerais dos perfis sísmicos de refração (continuação)

IC5 - Lote 6.2 (Fase Projecto de Execução)					
Perfil Sísmico	Localização (p.k.)	Litologia	VL (m/s)	Zonamento Sísmico	Profundidade de Ocorrência (m)
PS103-L6.2	9+350	$\gamma\pi\text{mg}$	600 - 1200	Z2	< 3.0 - 1.5 - 2.0
			1200 - 2000	Z2 / Z3	6.5 - 3.0 - 4.0
			2000 - 3900	Z4	> 6.5 - 3.0 - 4.0
PS104-L6.2	10+100	γfmg	500 - 800	Z1 / Z2	< 1.5 - 1.5 - 2.0
			800 - 2000	Z2 / Z3	7.5 - 7.0 - 9.5
			2000 - 2900	Z4	> 7.5 - 7.0 - 9.5
PS105-L6.2	10+200	γfmg	700 - 1300	Z2	< 1.5 - 1.0 - 0.0
			1300 - 2000	Z2 / Z3	4.0 - 3.0 - 1.5
			2000 - 4000	Z4	> 4.0 - 3.0 - 1.5
PS106-L6.2	11+050	γfmg	800 - 1200	Z2	< 3.0 - 1.5 - 2.0
			1200 - 2000	Z2 / Z3	6.5 - 3.5 - 5.0
			2000 - 3100	Z4	> 6.5 - 3.5 - 5.0
PS107-L6.2	11+275	γfmg	700 - 1300	Z2	< 1.5 - 0.5 - 2.0
			1300 - 2000	Z2 / Z3	3.0 - 1.5 - 3.5
			2000 - 4000	Z4	> 3.0 - 1.5 - 3.5
PS108-L6.2	12+850	CXG	1000 - 1600	Z2 / Z3	< 2.5 - 1.5 - 0.5
			1600 - 3100	Z3 / Z4	7.5 - 6.0 - 4.0
			3100 - 4000	Z4	> 7.5 - 6.0 - 4.0
PS120-L6.2	12+900	CXG	500 - 700	Z1 / Z2	< 1.0 - 2.5 - 1.0
			700 - 1500	Z2 / Z3	10.0 - 9.0 - 8.0
			1500 - 2100	Z3 / Z4	> 10.0 - 9.0 - 8.0
PS109-L6.2	13+600	CXG	400 - 800	Z1 / Z2	< 3.0 - 2.5 - 3.5
			800 - 2000	Z2 / Z3	8.5 - 7.5 - 10.0
			2000 - 2300	Z4	> 8.5 - 7.5 - 10.0
PS121-L6.2	13+950	CXG	Ainda sem resultados		
PS122-L6.2	14+150	CXG	Ainda sem resultados		
PS123-L6.2	14+350	CXG	Ainda sem resultados		
PS124-L6.2	14+500	CXG	Ainda sem resultados		
PS110-L6.2	14+525	CXG	400 - 800	Z1 / Z2	< 3.0 - 2.5 - 2.0
			800 - 2000	Z2 / Z3	17.5 - 16.0 - 16.0
			2000 - 2300	Z4	> 17.5 - 16.0 - 16.0
PS125-L6.2	14+975	CXG	Ainda sem resultados		
PS126-L6.2	15+150	CXG	Ainda sem resultados		

Legenda: $\gamma\pi\text{mg}$ - Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; γfmg - Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico

Quadro 3.1 - Características gerais dos perfis sísmicos de refração (continuação)

IC5 - Lote 6.2 (Fase Projecto de Execução)					
Perfil Sísmico	Localização (p.k.)	Litologia	VL (m/s)	Zonamento Sísmico	Profundidade de Ocorrência (m)
PS1PT-L6.2	-	CXG	500 - 700	Z1 / Z2	< 1.0 - 1.5 - 2.0
			700 - 1300	Z2 / Z3	7.5 - 6.0 - 5.5
			1300 - 2100	Z3 / Z4	> 7.5 - 6.0 - 5.5
PS2PT-L6.2	-	CXG	500 - 1000	Z1 / Z2	< 4.5 - 3.5 - 2.5
			1000 - 2000	Z2 / Z3	11.0 - 9.5 - 8.0
			2000 - 3100	Z4	> 11.0 - 9.5 - 8.0
PS3PT-L6.2	-	CXG	900 - 1700	Z2 / Z3	< 5.0 - 2.5 - 2.5
			1700 - 3000	Z3 / Z4	11.0 - 9.5 - 11.0
			3000 - 3800	Z4	> 11.0 - 9.5 - 11.0
PS111-L6.2	16+225	CXG	500 - 800	Z1 / Z2	< 2.0 - 0.0 - 2.0
			800 - 2000	Z2 / Z3	12.5 - 13.0 - 7.0
			2000 - 2400	Z4	> 12.5 - 13.0 - 7.0
PS112-L6.2	16+375	CXG	400 - 900	Z1 / Z2	< 1.0 - 2.0 - 3.5
			900 - 2000	Z2 / Z3	4.0 - 7.5 - 10.0
			2000 - 3300	Z4	> 4.0 - 7.5 - 10.0
PS113-L6.2	16+950	γfmg	500 - 900	Z1 / Z2	< 0.0 - 1.5 - 1.5
			900 - 2000	Z2 / Z3	11.0 - 7.5 - 9.0
			2000 - 2400	Z4	> 11.0 - 7.5 - 9.0
PS114-L6.2	17+975	γfmg	500 - 800	Z1 / Z2	< 1.0 - 0.0 - 3.0
			800 - 2000	Z2 / Z3	6.0 - 10.0 - 11.0
			2000 - 3300	Z4	> 6.0 - 10.0 - 11.0
PS115-L6.2	18+100	γfmg	700 - 1200	Z2	< 1.5 - 1.5 - 1.5
			1200 - 2000	Z2 / Z3	3.0 - 3.5 - 3.0
			2000 - 3500	Z4	> 3.0 - 3.5 - 3.0
PS116-L6.2	18+775	γfmg	600 - 1000	Z2	< 2.5 - 1.5 - 1.5
			1000 - 2000	Z2 / Z3	5.0 - 5.0 - 5.0
			2000 - 3100	Z4	> 5.0 - 5.0 - 5.0
PS117-L6.2	20+575	γfmg	800 - 1200	Z2	< 1.0 - 0.0 - 2.0
			1200 - 2000	Z3	3.5 - 1.5 - 3.5
			2000 - 3300	Z4	> 3.5 - 1.5 - 3.5
PS118-L6.2	21+650	γfmg	600 - 1100	Z2	< 2.0 - 3.0 - 5.5
			1100 - 2000	Z2 / Z3	13.0 - 19.0 - 18.0
			> 2000	Z4	> 13.0 - 19.0 - 18.0
PS34-L6.2	23+875	γfmg	300 - 600	Z1	< 3.0 - 3.5 - 2.5
			600 - 1400	Z2 / Z3	12.5 - 11.0 - 10.5
			1400 - 1900	Z3	> 12.5 - 11.0 - 10.5

Legenda: γpmg - Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico

3.2 - Prospecção por Penetração Dinâmica

Com o objectivo de avaliar a capacidade de suporte dos solos de fundação solicitados pelos aterros, nomeadamente quando mobilizados solos compressíveis, e ainda para obter informação preliminar quanto a fundações de muros de contenção que interessam maciços decompostos ou com horizontes de recobrimento significativos, realizaram-se um total de 16 ensaios de Penetração Dinâmica Ligeiros (PDLi-L6.2) e 2 ensaios DPSHi-L6.2.

Para cada ensaio traçou-se o diagrama de evolução de resistência dinâmica aparente (R_d) com a profundidade, expresso em MPa. No quadro 3.2.a, sintetizam-se os resultados obtidos nos ensaios DPSH's e no quadro 3.2.b os resultados dos PDL's:

Quadro 3.2.a – Resumo das principais características dos DPSH's

IC5 – Lote 6.2 (Fase Projecto de Execução)					
Penetrómetro dinâmico	Localização (p.k.)	Formações interessadas	Profundidades estimadas (m)	Resist. Dinâm. Aparente (MPa)	Nível freático (m)
DPSH6-L6.2	8+425	Tv	0,6	9,85	n.d
		Sr + $\gamma\pi mg$	1,2	20,2	
		$\gamma\pi mg$	1,47	34,7	
DPSH7-L6.2	8+975	Tv	0,20	5,8	n.d
		Sr + $\gamma\pi mg$	0,8	18,5	
		$\gamma\pi mg$	1,95	34,7	

Legenda: $\gamma\pi mg$ - Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; $\gamma fm g$ - Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;

Quadro 3.2.b – Resumo das principais características dos PDL's

IC5 – Lote 6.2 (Fase Projecto de Execução)					
Penetrómetro dinâmico	Localização (p.k.)	Formações interessadas	Profundidades estimadas (m)	Resist. Dinâm. Aparente (MPa)	Nível freático (m)
PDL1-L6.2	9+000	Ainda sem resultados			
PDL111 - L6.2	Nó de Carlão 0+100 Ramo B	Sr + $\gamma\pi mg$	1,0	1,1	0,8
		$\gamma\pi mg$	1,3	11,5	
PDL112 - L6.2	Nó de Carlão 0+350 Ramo E	Tv	0,4	0,3	n.d.
		Sr + $\gamma\pi mg$	0,7	1,9	
		$\gamma\pi mg$	0,9	13,3	

Legenda: $\gamma\pi mg$ - Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; $\gamma fm g$ - Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;

Quadro 3.2.b – Resumo das principais características dos PDL's (continuação)

IC5 – Lote 6.2 (Fase Projecto de Execução)					
Penetrómetro dinâmico	Localização (p.k.)	Formações interessadas	Profundidades estimadas (m)	Resist. Dinâm. Aparente (MPa)	Nível freático (m)
PDL116-L6.2	9+925	Ainda sem resultados			
PDL100 - L6.2	10+375	Tv	0,5	1,9	n.d.
		Sr + γ fmg	0,8	3,2	
		γ fmg	1,1	11,5	
PDL101 - L6.2	10+500	Tv	0,4	2,1	n.d.
		γ fmg	0,6	13,3	
PDL102 - L6.2	10+675	Tv + Sr	0,7	1,1	n.d.
		γ fmg	0,9	13,3	
PDL103 - L6.2	10+900	Tv + Sr	0,9	1,9	n.d.
		γ fmg	1,5	6,2	
PDL104 - L6.2	11+600	Tv	0,6	0,3	0,3
		Sr + γ fmg	1	5,6	
		γ fmg	1,1	11,5	
PDL105 - L6.2	11+725	Al/Co	2,4	1,4	1,9
		Sr + γ fmg	2,8	10,1	
PDL106 - L6.2	12+050	Tv	0,6	0,8	n.d.
		Sr + γ fmg	0,8	13,3	
PDL107 - L6.2	12+300	Sr + CXG	0,3	1,6	n.d.
		CXG	0,5	13,3	
PDL117-L6.2	12+425	Ainda sem resultados			
PDL108 - L6.2	13+125	Sr + CXG	0,9	1,1	n.d.
		CXG	1,2	11,5	
PDL109 - L6.2	13+225	Sr + CXG	1	1,6	n.d.
		CXG	1,3	11,5	
PDL110 - L6.2.	13+325	Sr + CXG	1,2	0,9	n.d.
		CXG	1,4	11,5	
PDL118-L6.2	13+475	Ainda sem resultados			
PDL119-L6.2	13+600	Ainda sem resultados			
PDL114-L6.2	14+750	Ainda sem resultados			
PDL120-L6.2	17+350	Ainda sem resultados			
PDL115-L6.2	15+350	Ainda sem resultados			
PDL113-L6.2	21+750	Al/Co	1	0,8	0,2
		Sr + γ fmg	1,5	3,4	
		γ fmg	1,6	8,3	

Legenda: γ mg - Granito porfírido de grão médio a grosseiro; γ fmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;

3.3 - Sondagens Mecânicas

Com o objectivo de obter informação relativa aos maciços a desmontar, nomeadamente no que se refere à escavabilidade dos mesmos, tipo de materiais a escavar, aferição de geometrias de taludes, aferição de capacidade de carga dos materiais de fundação das obras de arte correntes, realizaram-se 44 sondagens à rotação (Si-L6) com execução de ensaios SPT espaçados de 1.5 metros, sempre que a furação se processou em solos ou rocha branda.

Para cada sondagem foi realizado o respectivo “log”, que consta do Anexo 1, e registada toda a demais informação com interesse geotécnico. Em todas as sondagens foi medido o nível freático, após estabilização da água nos furos.

No quadro 3.3, apresentam-se resumidamente as principais características das sondagens mecânicas.

Quadro 3.3 - Principais características das sondagens mecânicas

IC5 - Lote 6.2 Norte (Fase de Projecto de Execução)							
Sondagem	Localização (p.k.)	Profundidade atingida (m)	Furação e/ solos (m)	Furação e/ rocha (m)	Formações interessadas	Ensaio SPT Prof.(m) / N(SPT)	Nível freático (m)
S138-L6.2	7+100	13,00	1,50	11,50	Tv + Sr + $\gamma\pi$ mg	1,5 / 60 (30)	n.d.
S139-L6.2	7+100	9,70	1,50	8,20	Tv + Sr + $\gamma\pi$ mg	1,5 / 60 (27)	n.d.
S13-L6.2	7+475	15,00	0,00	15,00	Tv + $\gamma\pi$ mg	-	12,1
S100-L6.2	7+950	25,50	1,50	24,00	γ fmg	4,5 / 60 (12)	n.d.
S101-L6.2	8+925	12,00	12,00	0,00	Tv + Sr + γ fmg	1,5 / 55 (30) 3,0 / 21 (30) 4,5 / 32 (30) 6,0 / 50 (30) 7,5 / 56 (30) 9,0 / 60 (33) 10,5 / 60 (32) 12,0 / 60 (9)	n.d.
S15-L6.2	9+175	30,00	1,50	21,50	Dc + γ fmg	-	12,4
S104-L6.2	9+175	16,30	2,50	13,80	At + Sr + γ fmg	1,5 / 60 (22)	1,4
S102-L6.2	9+225	15,00	9,00	6,00	At + Sr + γ fmg	1,5 / 60 (21) 3,0 / 60 (19) 4,5 / 60 (12) 6,0 / 60 (9) 7,5 / 60 (10) 9,0 / 60 (10) 13,5 / 60 (6) 15,0 / 60 (5)	3,9

Legenda: $\gamma\pi$ mg - Granito porfiróide de grão médio a grosseiro; γ fmg - Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;

Quadro 3.3 - Principais características das sondagens mecânicas (continuação)

IC5 - Lote 6.2 Norte (Fase de Projecto de Execução)							
Sondagem	Localização (p.k.)	Profundidade atingida (m)	Furação e/ solos (m)	Furação e/ rocha (m)	Formações interessadas	Ensaios SPT Prof.(m) / N(SPT)	Nível freático (m)
S16-L6.2	9+327	6,00	3,00	3,00	Tv + Sr + γ fmg	1,5 / 58 (30) 3,0 / 60 (4)	n.d.
S17-L6.2	9+327	6,00	0,00	6,00	Tv + γ fmg	-	n.d.
S105-L6.2	9+525	10,50	3,00	7,50	At + Sr + γ fmg	1,5 / 60 (14) 3,0 / 60 (8)	n.d.
S106-L6.2	9+525	6,00	0,00	6,00	Tv + γ fmg	-	n.d.
S107-L6.2	11+150	Ainda sem resultados					
S108-L6.2	11+325	19,00	0,00	19,00	γ π m γ	-	17,2
S109-L6.2	11+425	12,00	3,00	9,00	Sr + γ π m γ	1,5 / 60 (4) 3,0 / 60 (0)	n.d.
S110-L6.2	11+425	10,00	4,00	6,00	Sr + γ π m γ	3,0 / 60 (10)	n.d.
S111-L6.2	12+200	6,00	0,00	6,00	γ π m γ	-	n.d.
S112-L6.2	12+950	21,00	9,00	12,00	At + Sr + γ π m γ	1,5 / 46 (30) 3,0 / 60 (28) 4,5 / 55 (30) 6,0 / 60 (24) 7,5 / 60 (23) 9,0 / 60 (7) 10,5 / 60 (2) 12,0 / 60 (0) 13,5 / 60 (4) 15,0 / 60 (0)	n.d.
S113-L6.2	13+600	17,20	3,00	14,20	CXG/ γ π m γ	1,5 / 60 (21) 3,0 / 60 (14)	n.d.
S114-L6.2	13+800	17,30	1,50	15,80	Tv + CXG/ γ fmg	1,5 / 60 (21)	n.d.
S115-L6.2	13+800	12,30	3,00	9,30	At + CXG/ γ fmg	1,5 / 60 (17) 3,0 / 60 (13)	n.d.
S140-L6.2	13+900	25,0	7,50	17,50	At + Sr + CXG	1,5 / 60 (3) 3,0 / 60 (0) 4,5 / 60 (1) 6,0 / 60 (0) 7,5 / 60 (7)	n.d.
S116-L6.2	14+100	13,50	4,50	9,00	Sr + CXG	1,5 / 60 (27) 3,0 / 60 (20) 4,5 / 60 (49)	n.d.
S117-L6.2	14+375	37,00	7,50	29,50	At + CXG/ γ fmg	1,5 / 60 (13) 3,0 / 60 (11) 4,5 / 60 (14) 6,0 / 60 (7) 7,5 / 60 (3)	25,9
S118-L6.2	14+525	42,00	8,80	33,20	At + CXG/ γ fmg	3,0 / 60 (6) 4,5 / 60 (3) 6,0 / 60 (5) 7,5 / 60 (2) 9,0 / 60 (3)	35,2
S119-L6.2	15+000	27,00			Tv + Co + CXG/ γ fmg	1,5 / 60 (0) 3,0 / 60 (0) 4,5 / 60 (3)	25,2
S1PT-L6.2	-	15,00	6,00	9,00	Tv + CXG/ γ fmg	1,5 / 60 (4) 3,0 / 60 (0) 4,5 / 60 (3) 6,0 / 60 (2)	n.d.

Legenda: γ π m γ - Granito porfírido de grão médio a grosseiro; γ fmg - Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG - Complexo xisto-grauvácico; Sr - Solo residual; Tv - Terra vegetal; Al/Co - Depósito Aluvio-coluvionar;

Quadro 3.3 - Principais características das sondagens mecânicas (continuação)

IC5 - Lote 6.2 Norte (Fase de Projecto de Execução)							
Sondagem	Localização (p.k.)	Profundidade atingida (m)	Furação e/ solos (m)	Furação e/ rocha (m)	Formações interessadas	Ensaios SPT Prof. (m) / N(SPT)	Nível freático (m)
S2PT-L6.2	-	15,00	4,50	10,50	Tv + CXG/ γ fmg	1,5 / 60 (0) 4,5 / 60 (0)	6,0
S5PT-L6.2	-	16,00	0,00	16,00	Tv + CXG/ γ fmg	-	n.d.
S120-L6.2	16+250	26,00	3,00	23,00	CXG/ γ fmg	1,5 / 60 (23) 3,0 / 60 (22)	n.d.
S121-L6.2	16+750	6,00	3,00	3,00	CXG/ γ fmg	1,5 / 12 (30) 3,0 / 57 (30)	n.d.
S122-L6.2	17+275	7,50	7,50	0,00	Sr + γ fmg	1,5 / 60 (25) 3,0 / 60 (9) 4,5 / 60 (8) 6,0 / 60 (10) 7,5 / 60 (11)	n.d.
S123-L6.2	18+025	22,00	1,00	21,00	Sr + γ fmg	-	12,2
S124-L6.2	18+200	9,00	9,00	0,00	Tv + Sr + γ fmg	1,5 / 25 (30) 3,0 / 49 (30) 4,5 / 60 (19) 6,0 / 60 (12) 7,5 / 60 (9) 9,0 / 60 (5)	n.d.
S125-L6.2	18+200	10,50	9,00	0,00	Tv + Sr + γ fmg	1,5 / 60 (23) 3,0 / 60 (19) 4,5 / 60 (30) 6,0 / 60 (6) 7,5 / 60 (8) 9,0 / 60 (6) 10,5 / 60 (6)	n.d.
S126-L6.2	18+600	15,20	1,50	13,70	Sr + γ fmg	1,5 / 60 (19)	n.d.
S127-L6.2	18+625	12,00	1,50	10,50	Tv + Sr + γ fmg	1,5 / 60 (28)	n.d.
S128-L6.2	18+900	6,00	0,90	5,10	Sr + γ fmg	-	n.d.
S129-L6.2	18+900	7,00	1,50	5,50	Sr + γ fmg	1,5 / 60 (21)	n.d.
S130-L6.2	21+700	7,50	2,00	5,50	Sr + γ fmg	1,5 / 60 (0)	n.d.
S131-L6.2	21+950	10,50	1,50	9,00	Sr + γ fmg	1,5 / 60 (17)	n.d.
S132-L6.2	21+975	10,50	2,80	7,70	Sr + γ fmg	1,5 / 39 (30) 3,0 / 60 (15)	n.d.
S133-L6.2	22+475	7,50	0,30	7,20	Sr + γ fmg	-	n.d.
S136-L6.2	23+300	10,50	5,70	4,80	Sr + γ fmg	1,5 / 27 (30) 3,0 / 31 (30) 4,5 / 60 (25)	9,5
S137-L6.2	23+425	10,50	1,00	9,50	Sr + γ fmg	-	n.d.

Legenda: γ mg - Granito porfírido de grão médio a grosseiro; γ fmg - Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG - Complexo xisto-grauváquico; Sr - Solo residual; Tv - Terra vegetal; Al/Co - Depósito Aluvio-coluvionar;

3.4 - Poços de Prospecção

No decurso da campanha de prospecção foram realizados um total de 24 poços de prospecção, com o objectivo de obter uma amostragem das características geotécnicas dos solos atravessados, avaliar a sua potencial reutilização, bem como definir a espessura de decapagem e observar, de forma directa, as diferentes formações quanto às suas características litológicas e estruturais.

No quadro 3.4 apresentam-se resumidamente as principais características dos poços de prospecção.

Quadro 3.4 - Principais características dos poços de prospecção

IC5 – Lote 6.2 (Fase Projecto de Execução)							
Poço	Localização (p.k.)	Formações interessadas	Espessura da terra vegetal (m)	Profundidade atingida (m)	Profund. da amostra (m)	N. F. (m)	Ensaio realizados
P 13-L6.2	7+450	$\gamma\pi mg$	-	0,10	-	-	-
P 100-L6.2	7+925	Tv + $\gamma\pi mg$	0,00	0,20	-	-	-
P 101-L6.2	8+975	Tv + $\gamma\pi mg$	0,40	1,20	-	-	-
P 15-L6.2	9+150	Tv + $\gamma\pi mg$	0,10	0,20	-	-	-
P 16-L6.2	Nó Carlão	Tv + Sr + $\gamma\pi mg$	0,20	1,00	-	-	-
P 102-L6.2	9+725	Tv + Sr + $\gamma f mg$	0,20	2,50	-	-	-
P 107-L6.2	11+225	Tv + $\gamma f mg$	0,20	2,50	-	-	-
P 114-L6.2	12+700	$\gamma f mg$	0,00	0,20	-	-	-
P 115-L6.2	12+925	Tv + Sr + CXG	0,40	0,80	0,40 - 0,80	-	Identificação + proctor + CBR
P 116-L6.2	13+675	Tv / Co + $\gamma f mg$	0,20 / 2,30	3,00	2,50 - 3,00	-	Identificação
P 130-L6.2	13+875	Tv + CXG	0,15	0,75	0,15 - 0,75	-	Identificação + proctor + CBR
P 117-L6.2	14+375	Tv / Sr + $\gamma f mg$	0,10	0,60	0,10 - 0,60	-	Identificação + proctor + CBR
P 118-L6.2	15+525	Tv / Sr + $\gamma f mg$	0,20	0,60	0,20 - 0,60	-	Identificação
P 119-L6.2	17+675	Tv + $\gamma f mg$	0,10	1,70	0,10 - 1,70	-	Identificação
P 120-L6.2	18+475	Tv + $\gamma f mg$	-	1,50	0,00 - 1,50	-	Identificação + proctor + CBR
P 121-L6.2	19+225	Al/Co	-	2,60	-	0,30	-

Legenda: $\gamma\pi mg$ - Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; $\gamma f mg$ - Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG - Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;

Quadro 3.4 - Principais características dos poços de prospecção (continuação)

IC5 – Lote 6.2 (Fase Projecto de Execução)							
Poço	Localização (p.k.)	Formações interessadas	Espessura da terra vegetal (m)	Profundidade atingida (m)	Profund. da amostra (m)	N. F. (m)	Ensaio realizado
P 122-L6.2	19+400	γ fmg	-	0,30	-	-	-
P 123-L6.2	19+875	Tv + γ fmg	0,30	0,50	-	-	-
P 124-L6.2	20+400	Tv / Al/Co + γ fmg	0,20 / 0,50	0,30	-	-	-
P 125-L6.2	20+675	Tv / Al/Co + γ fmg	0,20 / 2,00	3,00	-	-	-
P 127-L6.2	21+625	Tv + γ fmg	0,10	1,00	0,10 - 0,90	-	Identificação
P 128-L6.2	Nó Pombal	Tv + γ fmg	0,40	2,50	0,40 - 2,10	-	Identificação
P 129-L6.2	23+150	Al/Co	0,30	2,00	-	-	-
P 37-L6.2	22+600	Tv + Sr + γ fmg	0,20	1,60	0,20 - 1,60	-	Identificação + proctor + CBR

Legenda: γ mg - Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; γ fmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauvácico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;

3.5 - Ensaio Laboratoriais

Com base na amostragem de solos remexidos, executada ao longo do traçado, foram ensaiadas laboratorialmente as respectivas amostras.

O programa de ensaios laboratoriais envolveu:

- Determinação do teor em água natural;
- Determinação da composição granulométrica e traçado da respectiva curva;
- Determinação dos limites de consistência;
- Determinação do valor do equivalente de areia;
- Ensaio de compactação com energias correspondentes ao Proctor modificado;
- Determinação do índice CBR, em relação às famílias mais representativas;
- Classificação dos solos ocorrentes segundo as classificações Rodoviária Unificada (AASHTO), e Francesa (LCPC/SETRA).

No quadro 3.5 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos:

Quadro 3.5 – Resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais

IC5 - LOTE 6.2 (Fase de Projecto de Execução)																			
Poço	Formação Interessada	P.K. Colheita (Km)	Granulometria (#)					W nat. (%)	EA (%)	LL (%)	IP (%)	Azul Metilen	Ys máx. (g/cm ³)	W opt. (%)	CBR a 95% (%)	Classificação Rodoviária (LNEC E 240:1971)	Classificação Unificada (ASTM 2487-93)	Classificação Francesa (LCPC/SETRA)	Observ.
			3/4" (%)	Nº 4 (%)	Nº 10 (%)	Nº 40 (%)	Nº 200 (%)												
P115-L6.2	Sr + CXG	12+925	86,7	64,1	52,9	35,4	13,6	7,6	30	NP	NP	0,30	2,055	8,6	16	A-1-b (0)	SM - Areia siltosa com cascalho	B5	
P116-L6.2	Sr + γfmg	13+675	100,0	98,0	91,6	69,0	34,9	15,8	15	26	4	0,88	-	-	-	A-2-4(0)	SM - Areia siltosa	B5	
P130-L6.2	Sr + CXG	13+875	100,0	78,3	67,6	36,8	11,6	10,7	38	NP	NP	0,39	1,942	11,2	7	A-1-b (0)	SW-SM - Areia bem graduada com silte	B4	
P117-L6.2	Sr + CXG	14+425	100,0	99,3	94,8	63,0	20,6	6,8	22	NP	NP	0,55	1,941	9,6	8	A-2-4(0)	SM - Areia siltosa	B5	
P118-L6.2	Sr + CXG	16+200	85,0	63,4	55,0	36,3	15,5	8,8	27	NP	NP	0,18	1,964	9,8	10	A-1-b (0)	SM - Areia siltosa com cascalho	B5	
P119-L6.2	Sr + γfmg	18+000	100,0	95,7	69,8	30,9	9,1	4,5	79	NP	NP	0,06	-	-	-	A-1-b (0)	SW-SM - Areia bem graduada com silte	D2	
P120-L6.2	Sr + γfmg	18+725	100,0	94,7	67,8	32,5	12,2	10,6	48	NP	NP	0,27	1,976	9,7	11	A-1-b (0)	SM - Areia siltosa	B5	
P127-L6.2	Sr + γfmg	21+950	100,0	92,2	65,0	29,1	10,7	5,0	64	NP	NP	0,27	-	-	-	A-1-b (0)	SW-SM - Areia bem graduada com silte	B4	
P128-L6.2	Sr + γfmg	Nó Pombal	100,0	95,5	64,2	25,4	10,0	6,1	75	NP	NP	0,14	-	-	-	A-1-b (0)	SW-SM - Areia bem graduada com silte	B3	
P37-L6.2	Sr + γfmg	22+600	97,1	87,6	64,0	38,3	20,4	5,6	-	NP	NP	-	1,936	10,0	10	A-1-b (0)	SM - Areia siltosa	-	

Legenda: γmg- Granito porfiróide de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar; NP- não plástico.

4 - TERRAPLENAGEM

4.1 - Decapagem

A espessura de terra vegetal varia com as formações aflorantes ou subaflorantes, o tipo e densidade de vegetação que as reveste e ainda com o declive do terreno natural.

Do reconhecimento de superfície e dos trabalhos de prospecção geotécnica directa (poços e sondagens), estamos na presença de uma zona em que a espessura de terra vegetal é pouco variável, sendo na generalidade da ordem de 0,2 metros. No entanto, em zonas de desenvolvimento agrícola (zonas baixas), localizadas particularmente sobre o substrato granítico, e nas zonas de socalcos a sua espessura poderá ser na ordem dos 0.60 metros ou superior. Caso particular dos aterros aos p.k.'s 9+750, 12+200 e 12+500, que interessam terrenos agrícolas e dos aterros aos p.k.'s 10+850, 11+900,14+100 e 14+750 localizados em zonas de socalcos.

Nas aluviões, normalmente associadas a zonas de baixas a tratar, a espessura do horizonte a decapar pode ser considerável, tendo-se optado nos casos identificados pelo total saneamento destes materiais, ou pela execução de camadas drenantes.

Pontualmente podem existir maiores espessuras de decapagem, pelo que em obra estas deverão ser aferidas para cada situação, em função das condições verificadas "in situ", tomando como condição de obrigatoriedade, a remoção na sua totalidade, quando o teor de matéria orgânica dos materiais ocorrentes, for superior a 1-2%.

A terra vegetal decapada será transportada a depósito, com o objectivo de ser reutilizada como revestimento de protecção dos taludes de aterro e escavação, por forma a se evitar a erosão e ravinamento dos mesmos, situação extremamente frequente nos materiais atravessados.

4.2 - Escavações

4.2.1 - Ripabilidade

As escavações a executar neste lanço, ocorrem em formações graníticas e xistentas muito a medianamente alteradas, excedendo frequentemente os 10 metros de altura,



sendo os valores máximos de alturas livres, aproximadamente 30m ao eixo e nos taludes. Esta situação obriga a processos construtivos que requerem cuidados adicionais, já que os materiais a escavar nem sempre apresentam as melhores características resistentes.

O zonamento em termos de ripabilidade dos maciços interessados ao longo dos traçados baseou-se no reconhecimento de superfície, na informação da prospecção geofísica e nos resultados das sondagens mecânicas executadas.

No entanto, deve-se frisar que a aplicabilidade dos métodos de refração sísmica para avaliar ripabilidade em maciços ígneos, nos quais se registre o fenómeno de disjunção esferoidal é “deficiente”. Isto deve-se ao facto de existirem transições muito bruscas na qualidade dos materiais não detectáveis pelas ondas sísmicas, uma vez que os valores das velocidades obtidas são os valores médios dos diferentes tipos de materiais interceptados, devendo por isso, a informação dos perfis ser correlacionada e sustentada, sempre que possível, com a das sondagens mecânicas.

No perfil geotécnico constante das peças desenhadas, é referenciado em primeira aproximação ao eixo, o limite de transição entre os maciços ripáveis e com desmonte recorrendo a explosivos, baseada na informação técnica do tractor D9R da *Caterpillar* que estabelece como limite de separação do tipo de desmonte a realizar, o nível de velocidades de propagação de ondas sísmicas longitudinais (V_L), de 2000 m/s, correspondente ao horizonte sísmico Z4.

Os desmontes deverão ser realizados preferencialmente com equipamentos mecânicos tradicionais de terraplenagem (lâmina, pá giratória, rippers), estimando-se que o recurso a explosivos ande na ordem dos 35 %.

De salientar no entanto que o sucesso dum processo de escavação, depende em muito da técnica e experiência do operador da máquina, bem como do tipo e potência dos equipamentos empregues, principalmente nas zonas de transição dos diferentes tipos de maciço relativamente ao método de desmonte.

Nos materiais ripáveis, o desmonte deverá sempre que possível, ser efectuado na perpendicular à direcção da fracturação predominante no maciço e no sentido de inclinação da mesma.

Na escavação com recurso a explosivos, deverá ser utilizada a técnica de pré-corte, com vista à obtenção da melhor superfície de talude e, à diminuição do risco de instabilização do maciço para além do limite de desmonte. Esta instabilização que tem

origem, na propagação das vibrações ao maciço exterior à escavação, e no aumento de volume dos gases que circulam pelas descontinuidades, é fortemente atenuada com a utilização desta técnica, já que a superfície de corte resultante, funciona como um espelho reflector para as vibrações produzidas e como escape para o aumento de volume de gases.

Deverá ainda ser dada particular atenção ao plano de fogo, a empregar em cada situação, adequando o mesmo às características geomecânicas do maciço, nomeadamente à sua estrutura, espaçamento e dimensão de blocos, bem como ao seu grau de alteração e resistência.

4.2.2 - Geometria dos Taludes de Escavação

Relativamente às geometrias a adoptar para os taludes de escavação, propõe-se como metodologia geral, que as escavações de maior altura sejam dotadas de taludes com inclinações mistas, separadas por banquetas, uma vez que os maciços interessados, apresentam diferentes estados de alteração, desde solos residuais e maciços decompostos, até maciços medianamente a pouco alterados nas zonas mais profundas.

Sempre que os taludes apresentam alturas superiores a 12 metros, considerou-se a execução de banquetas, com 3 metros de largura e um espaçamento máximo de 8 metros. As banquetas têm não só a função de permitir o acesso e manutenção dos taludes, como também, uma função estabilizadora já que diminuem a inclinação média dos mesmos.

Assim, as inclinações previstas para os taludes de escavação são as seguintes:

- 1/1.5 (v/h), em materiais muito alterados (solos). Quando os taludes apresentam altura superior a 12 m, foram realizadas banquetas intermédias com 3 m de largura e espaçadas verticalmente de 8 m.
- 1/1 (v/h) a 2/1(v/h), em rocha medianamente alterada a pouco alterada mas fracturada, em taludes de 8 metros separados por banquetas intermédias com 3 m de largura.
- 3/1 (v/h), esta geometria será adoptada em situações em que foi necessário recorrer a estruturas de suporte do tipo “Muro ancorado”, nestas situações a altura do muro será de 12 metros separados por banquetas de 3 m de largura.



Nos taludes de escavação em rocha medianamente a pouco alterada, que digam respeito à geometria prevista de 1.5/1 e 2/1 (v/h), poderá haver necessidade de se recorrer ao tratamento dos mesmos à custa da execução de paredes pregadas constituídas por pregagens passivas, associadas a uma espessura de betão projectado armado. Caso particular dos taludes de escavação aos p.k.'s 7+600, 14+400 e 19+750.

Face aos significativos horizontes de alteração ocorrentes ao longo do traçado, e à consequente dificuldade em conseguir leituras geomecânicas em quantidade suficiente, recomenda-se que em fase de assistência técnica à obra e após o início de exposição dos maciços menos alterados seja verificada a estabilidade dos taludes de escavação, com vista ao ajustamento dos eventuais reforços previstos.

No quadro 4.2.2 apresenta-se uma síntese das principais características das escavações, sendo avançadas, as prováveis percentagens de materiais ripáveis (desmonte com meios mecânicos), bem como as geometrias a adoptar em cada situação.

Quadro 4.2.2 – Resumo das características das escavações e respectivos taludes

IC5 - LOTE 6.2 (Fase de Projecto de Execução)												
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessadas	Tipo de perfil	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Ripabilidade (%)	Geometria taludes (v/h) - [Espaçam. Banquetas] (m) (Localização aproximada - p.k.)		Reforço Taludes			Dispositivos Drenagem MD - ED - DR - VDT - DSH	Observações
						Lado Esquerdo	Lado Direito	Betão Proj. Eventual	Pregagens Eventuais	Malha-guia Eventual		
7+000 a 7+200	γπmg	Escavação	8,2 - 8,7 - 8,7	- S138-L6.2; S139-L6.2; PS5-L6.2;	60	- 1/15 -- (7+000 / 7+200)	- 1/15 -- (0+200 / 0+375) - 1/1+1/15 -- (7+100 / 7+125) - 1/15 -- (7+150 / 7+200)					
7+350 a 7+775	γπmg	Escavação / Misto	15,2 - 18,2 - 19,3	- S13-L6.2; PS6-L6.2; PS100-L6.2; P13-L6.2	50 -- (7+350 / 7+600) 60 -- (7+600 / 7+775)	- 1/15 -- (7+375 / 7+450) - 1/1+1/15 -- (7+475 / 7+525) - 1/15 -- (7+550 / 7+775)	- 1/15 -- (7+350 / 7+350) - 1/1+1/1+1/15 -- (7+375 / 7+475) - 1/1+1/15 -- (7+500 / 7+600) - 15/1+1/1+1/1+1/15 -- (7+625) - 15/1+125/1+1/1+1/15 -- (7+650) - 15/1+15/1+1/1+1/125+1/15 -- (7+675) - 15/1+125/1+1/125+1/15 -- (7+700) - 125/1+1/1+1/15 -- (7+725) - 1/15 -- (7+750 / 7+775)	X	X	X	MD / ED / DR	
7+850 a 8+075	γπmg	Escavação / Misto	15,7 - 15,7 - 16,3	- S100-L6.2; PS101-L6.2; P100-L6.2	75	- 1/15 -- (7+875 / 8+075)	- 1/15 -- (7+850) - 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (7+875) - 1/1+1/15 + 1/15 + 1/15 -- (7+900 / 7+9025) - 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (7+950) - 1/15 + 1/15 -- (7+975 / 8+000) - 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (8+025) - 1/15 + 1/15 -- (8+050) - 1/15 -- (8+075)					

Legenda: γπmg- Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;s; MD – máscara drenante; ED – esporão drenante; DR – dreno de rebaixamento do nível freático; VDT – Vala drenante transversal

Quadro 4.2.2 - Resumo das características das escavações e respectivos taludes (continuação)

IC5 - Lote 6.2 (Fase de Projecto de Execução)												
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessadas	Tipo de perfil	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Ripabilidade (%)	Geometria taludes (v/h) - [Espaçam. Banquetas] (m) (Localização aproximada - p.k.)		Reforço Taludes			Dispositivos Drenagem MD - ED - DR - VDT - DSH	Observações
						Lado Esquerdo	Lado Direito	Betão Proj. Eventual	Pregagens Eventuais	Malha-guia Eventual		
8+550 a 8+800	γπmg	Escavação / Misto	11,7 12,9 - 13,5	- S14-L6.2; PS9-L6.2; PS102-L6.2; P 14-L6.2	90	- 1/15 -- (8+575 / 8+675)	- 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (8+550 / 8+575) - 1/15 + 1/15 -- (8+600) - 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (8+625) - 1/15 + 1/15 -- (8+650) - 1/15 -- (8+675 / 8+700) - 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (8+725 / 8+750) - 1/15 + 1/15 -- (8+775) - 1/15 -- (8+800)					
9+125 a 9+675	γπmg	Escavação / Misto	15,3 - 13,1 - 12,7	- S102-L6.2; S104-L6.2; S16-L6.2; S17-L6.2; PS10-L6.2; PS11-L6.2; PS103-L6.2; P 15-L6.2; P 16-L6.2;	70 -- (9+125 / 9+225) 80 -- (9+225 / 9+450) 100 -- (9+450 / 9+675)	- 1/15 -- (9+125) - 1/15 + 1/15 -- (9+150 / 9+400) - 1/15 -- (9+400 / 9+675)	- 1/15 -- (9+125) - 1/15 + 1/15 -- (9+150 / 9+225) - 1/15 -- (9+225 / 9+425) - 1/15 -- (9+500 / 9+625)					
10+000 a 10+325	γπmg	Escavação / Misto	21,3 - 19,2 - 19,1	- S107-L6.2; PS104-L6.2; PS105-L6.2	30	- 1/15 -- (10+025 / 10+050) - 1/1 + 1/15 -- (10+075 / 10+250) - 1/1 + 1/1 + 1/15 -- (10+150 / 10+250) - 1/1 + 1/15 -- (10+275 / 10+325) - 1/125 -- (10+325)	- 1/15 -- (10+000) - 1/1 + 1/15 -- (10+025 / 10+325)	X	X	X		

Legenda: γπmg- Granito porfiróide de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;s; MD – máscara drenante; ED – esporão drenante; DR – dreno de rebaixamento do nível freático; VDT – Vala drenante transversal

Quadro 4.2.2 - Resumo das características das escavações e respectivos taludes (continuação)

Fase de Projecto de Execução												
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessadas	Tipo de perfil	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Ripabilidade (%)	Geometria taludes (v/h) - [Espaçam. Banquetas] (m) (Localização aproximada - p.k.)		Reforço Taludes			Dispositivos Drenagem MD - ED - DR - VDT - DSH	Observações
						Lado Esquerdo	Lado Direito	Betão Proj. Eventual	Pregagens Eventuais	Malha-guia Eventual		
10+975 a 11+500	γfmg	Escavação	18,8 - 18,6 - 18,4	- S108-L6.2; S109-L6.2; S110-L6.2; PS106-L6.2; PS107-L6.2; P107-L6.2	25	- 1/1.15 + 1/1.5 -- (10+975 / 11+000) - 1/1 + 1/1 + 1/1.5 -- (11+025 / 11+050) - 1/1.5 + 1/1.5 -- (11+075 / 11+200) - 1/1 + 1/1.5 -- (11+225 / 11+275) - 1/1 + 1/1.5 + 1/1.5 -- (11+300 / 11+350) - 1/1 + 1/1.5 -- (11+375 / 11+425) - 1/1.5 -- (11+400 / 11+500)	- 1/1.5 -- (10+975 / 11+000) - 1/1 + 1/1.5 -- (11+025 / 11+050) - 1/1.5 -- (11+075 / 11+200) - 1/1 + 1/1.5 -- (11+225 / 11+400) - 1/1.5 -- (11+425 / 11+500)				MD - ED - DR	
11+775 a 12+000	γfmg	Escavação / Misto	3,4 - 2,5 - 1,4	-	100	- 1/1.5 -- (12+000)	- 1/1.5 -- (11+775 / 12+000)					
12+750 a 13+025	γfmg / CXG	Escavação / Misto	28,6 - 30,6 - 31,4	- S112-L6.2; PS108-L6.2; PS120-L6.2	50	- 1/1.5 -- (12+775 / 12+800) - 1/1.5 + 1/1.5 -- (12+825 / 12+875) - 1/1 + 1/1.5 -- (12+900 / 12+950) - 1/1.5 + 1/1.5 -- (12+975 / 12+300) - 1/1.5 -- (13+025)	- 1/1.5 -- (12+750) - 1/1.5 + 1/1.5 -- (12+775 / 12+825) - 1/1 + 1/1.5 + 1/1.5 -- (12+850) - 1.5/1 + 1.5/1 + 1/1.5 -- (12+875) - 3/1 + 3/1 + 1/1 -- (12+900 / 12+925) - 1.5/1 + 1.5/1 + 1/1.5 -- (12+950) - 1/1 + 1/1.5 -- (12+975 / 13+000) - 1/1.5 -- (13+025)	X	X		MD - ED - DR	Muro ancorado (LE)
13+375 a 13+450	CXG	Escavação / Misto	4,1 - 3,9 - 6,2	-	95	- 1/1.5 -- (13+400 / 13+425)	- 1/1.5 -- (13+375) - 1/1 + 1/1.5 -- (13+400 / 13+425) - 1/1.5 -- (13+450)					

Legenda: γmg- Granito porfírido de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvariano; MD - máscara drenante; ED - esporão drenante; DR - dreno de rebaixamento do nível freático; VDT - Vala drenante transversal

Quadro 4.2.2 - Resumo das características das escavações e respectivos taludes (continuação)

IC5 - Lote 6.2 (Fase de Projecto de Execução)												
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessadas	Tipo de perfil	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Ripabilidade (%)	Geometria taludes (v/h) - [Espaçam. Banquetas] (m) (Localização aproximada - p.k.)		Reforço Taludes			Dispositivos Drenagem MD - ED - DR - VDT - DSH	Observações
						Lado Esquerdo	Lado Direito	Betão Proj. Eventual	Pregagens	Malha-guia		
13+525 a 13+550	CXG	Escavação / Misto	2,5 - 4,6 - 6,0	-	100	- 1/15 -- (13+525)	- 1/15 -- (13+525 / 13+550)					
13+700 a 14+200	CXG	Escavação / Misto	22,5 - 22,4 - 22,1	- S114-L6.2; S115-L6.2;	70 -- (13+700 / 13+950) 100 -- (13+950 / 14+200)	- 1/15 -- (13+700 / 13+800) - 1/1 -- (13+825) - 15/1+1/1+1/15 -- (13+850 / 13+975) - 1/1+1/15+1/15 -- (14+000) - 1/15 + 1/15 -- (14+025 / 14+050) - 1/15 -- (14+075 / 14+100) - 1/1+1/15 -- (14+125) - 1/1 -- (14+150 / 14+200)	- 1/1 -- (13+700) - 15/1+1/1+1/15 -- (13+725 / 13+875) - 1/1+1/15 -- (13+900) - 1/15 -- (13+925 / 14+025)	X	X	X		
14+250 a 14+650	CXG	Escavação / Misto	30,9 - 27,1 - 24,5	- P 117-L6.2	70	- 1/1 -- (14+250) - 15/1+15/1+1/1+1/15 -- (14+275) - 3/1+15/1+15/1+1/15 -- (14+300 / 14+350) - 3/1+2/1+2/1+1/1+1/15 -- (14+375 / 14+450) - 15/1+15/1+1/1+1/15 -- (14+475) - 1/1+1/1+1/15 -- (14+500 / 14+525) - 1/1+1/15+1/15 -- (14+550 / 14+575) - 1/15+1/15+1/15 -- (14+600) - 1/15+1/15 -- (14+625) - 1/15 -- (14+650)	- 1/15 -- (14+275 / 14+300) - 1/15+1/15 -- (14+275 / 14+500) - 1/15 -- (14+525 / 14+650)	X	X	X	MD - ED - DR	Muro ancorado (LD)

Legenda: γmg- Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; γmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar; MD – máscara drenante; ED – esporão drenante; DR – dreno de rebaixamento do nível freático; VDT – Vala drenante transversal

Quadro 4.2.2 - Resumo das características das escavações e respectivos taludes (continuação)

IC5 - Lote 6.2 (Fase de Projecto de execução)												
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessadas	Tipo de perfil	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Ripabilidade (%)	Geometria taludes (v/h) - [Espaçam. Banquetas] (m) (Localização aproximada - p.k.)		Reforço Taludes			Dispositivos Drenagem MD - ED - DR - VDT - DSH	Observações
						Lado Esquerdo	Lado Direito	Betão Proj. Eventual	Pregagens Eventuais	Malha-guia Eventual		
14+875 a 15+300	CXG	Escavação / Misto	31,0 - 26,6 - 24,2	- S119-L6.2; PS125-L6.2; PS126-L6.2	75	- 1/15 -- (14+875) - 1/1+ 1/15 -- (14+900) - 3/1+ 1/1+ 1/15 -- (14+925) - 3/1+3/1+3/1+ 1/15 -- (14+950 / 15+050) - 3/1+1,5/1+1,5/1-- (15+075) - 10/1+ 10/1+ 1,5/1+ 1/15 -- (15+025 / 15+050) - 1,5/1+ 1,5/1+ 1,5/1+ 1/15 -- (15+075)	- 1/15 -- (14+875) - 1/15 + 1/15 -- (14+900 / 15+100) - 1/15 -- (15+025 / 15+200)	X	X	X	Muro ancorado (LE)	
15+550 a 15+600	CXG	Escavação	4,5 - 4,6 - 3,2	-	100	- 1/15 -- (15+550 / 15+600)	- 1/15 -- (15+550 / 15+600)					
16+175 a 16+575	γfmg	Escavação / Misto	18,1 - 18,8 - 20,4	- S120-L6.2; PS11-L6.2; PS112-L6.2; P118-L6.2	90 -- (16+175 / 16+275) 60 -- (16+275 / 16+425) 85 -- (16+425 / 16+575)	- 1/15 -- (16+175 / 16+250) - 1/15 -- (16+325 / 16+575)	- 1/15 -- (16+175) - 1/1+ 1/15 + 1/15 -- (16+200) - 1/1+ 1/15 + 1/15 + 1/15-- (16+225) - 1/1+ 1/15 + 1/15 -- (16+250) - 1/1+ 1/15 -- (16+275) - 1/1-- (16+300) - 1/1+ 1/15 + 1/15 -- (16+325 / 16+425) - 1/1-- (16+450) - 1/1+ 1/15 + 1/15 -- (16+475 / 16+550) - 1/15 -- (16+575)					
16+675 a 16+700	γfmg	Escavação / Misto	0,0 - 0,6 - 2,9		100		- 1/15 -- (16+675 / 16+700)					

Legenda: γmg- Granito porfíroide de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionaris; MD – máscara drenante; ED – esporão drenante; DR – dreno de rebaixamento do nível freático; VDT – Vala drenante transversal

Quadro 4.2.2 - Resumo das características das escavações e respectivos taludes (continuação)

IC5 - Lote 6.2 (Fase de Projecto de Execução)												
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessada	Tipo de perfil	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Ripabilidade (%)	Geometria taludes (v/h) - [Espaçam. Banquetas] (m) (Localização aproximada - p.k.)		Reforço Taludes			Dispositivos Drenagem MD - ED - DR - VDT - DSH	Observações
						Lado Esquerdo	Lado Direito	Betão Proj.	Pregagens Eventuais	Malha-guia Eventual		
16+850 a 17+225	γfmg	Escavação	18,1- 18,7 - 20,3	- PS113-L6.2	60 -- (16+850 / 17+025) 80-- (17+025 / 17+225)	- 1/15 -- (16+850 / 16+575)	- 1/15 + 1/15 -- (16+850) - 1/125 + 1/15 + 1/15 -- (16+875) - 1/1 + 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (16+900 / 16+950) - 1/125 + 1/15 + 1/15 -- (16+975 / 16+950) - 1/15 + 1/15 -- (16+975 / 17+100) - 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (17+125 / 17+200) - 1/15 -- (17+225)					
17+425 a 17+500	γfmg	Escavação / Misto	2,8 - 4,7 - 6,8		100		- 1/15 -- (17+425) - 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (14+ 450 / 17+475) - 1/15 -- (17+500)					
17+650 a 17+700	γfmg	Escavação / Misto	0,0 - 0,1- 3,8		100		- 1/15 -- (17+650 / 17+700)					
17+825 a 18+225	γfmg	Escavação / Misto	25,7 - 23,7 - 20,8		40	- 1/15 + 1/15 -- (17+825) - 1/1 + 1/1 + 1/15 -- (17+850 / 17+875) - 15/1+ 15/1+ 1/1 + 1/15 -- (17+900 / 17+975) - 15/1+ 15/1+ 15/1+ 1/1 + 1/15 -- (18+000 / 18+075) - 1/1 + 1/1 + 1/15 + 1/15 -- (18+100 / 18+125) - 1/15 + 1/15 + 1/15 -- (18+150) - 1/15 + 1/15 -- (18+175) - 1/15 -- (18+200)		X	X		MD - ED - DR	

Legenda: γfmg- Granito porfiróide de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;s; MD – máscara drenante; ED – esporão drenante; DR – dreno de rebaixamento do nível freático; VDT – Vala drenante transversal

4.2.2 - Quadro resumo das características das escavações e respectivos taludes (continuação)

Fase de Projecto de Execução												
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessada	Tipo de perfil	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Ripabilidade (%)	Geometria taludes (v/h) - [Espaçam. Banquetas] (m) (Localização aproximada - p.k.)		Reforço Taludes			Dispositivos Drenagem MD - ED - DR - VDT - DSH	Observações
						Lado Esquerdo	Lado Direito	Betão Proj.	Pregagens Eventuais	Malha-guia Eventual		
18+475 a 19+300	γfmg	Escavação / Misto	16,3 - 12,8 - 9,5	- S126-L6.2; S127-L6.2; S128-L6.2; S129-L6.2; P S116-L6.2; P 120-L6.2	90 (18+450 / 18+525) 40 (18+525 / 19+000) 90 (19+000/19+325)	- 1/15 -- (18+475 / 18+575) - 15/1+15/1+1/15 -- (19+750) - 125/1+125/1+1/15 -- (19+775) - 1/1+1/15 -- (18+600 / 18+825) - 1/15 -- (18+850 / 19+275)	- 1/15 -- (18+475 / 18+500) - 1/15 -- (18+600 / 19+300)	X	X	X		
19+975 a 20+175	γfmg	Escavação / Misto	3,3 - 3,2 - 3,2		100	- 1/15 -- (19+975) - 1/15 -- (20+050 / 20+175)	- 1/15 -- (19+975 / 20+175)					
20+400 a 20+650	γfmg	Escavação / Misto	17,1 - 16,5 - 14,5	- PS117-L6.2	40	- 1/15 + 1/15 -- (20+400 / 20+500) - 1/1 + 1/125 + 1/15 -- (20+525) - 15/1+1/1+1/125+1/15 -- (20+550)	- 1/15 -- (20+525 / 20+650)					
21+400 a 21+475	γfmg	Escavação / misto	10,7 - 7,6 - 4,9		90	- 1/15 -- (21+400) - 1/15 + 1/15 -- (21+425 / ...) - 1/15 -- (21+475)	- 1/15 -- (21+425 / 21+475)					
21+650 a 21+675	γfmg	Escavação / Misto	11,7 - 10,2 - 8,6	- PS118-L6.2	95	- 1/15 -- (21+650 / 21+675) - 1/15 + 1/15 -- (21+600) - 1/1+1/1+1/15+1/15 -- (21+625 / 21+650) - 15/1+1/1+1/15 -- (21+675)	- 1/15 -- (21+675 / 21+650)	X	X	X		
21+875 a 22+050	γfmg	Escavação / Misto	6,6 - 3,3 - 1,8	- S131-L6.2; S132-L6.2;	90	- 1/15 -- (21+875 / 22+050)	- 1/15 -- (21+875 / 22+025)					
22+175 a 22+650	γfmg	Escavação	9,5 - 8,9 - 7,8	- S133-L6.2; S134-L6.2; P 127-L6.2; P 128-L6.2	90	- 1/15 -- (22+175 / 22+650)	- 1/15 -- (22+175 / 22+650)					
23+825 a 23+935	γfmg	Escavação / Misto	0,0 - 2,3 - 4,1	- P S34-L6.2	100		- 1/15 -- (22+825 / 23+935)					

Legenda: γmg- Granito porfírido de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar; MD – máscara drenante; ED – esporão drenante; DR – dreno de rebaixamento do nível freático; VDT – Vala drenante transversal

4.2.3 - Revestimento dos Taludes de Escavação

Tendo em consideração os diferentes graus de alteração dos maciços ao longo do traçado e em função da profundidade escavada, previram-se diferentes medidas de protecção para os diferentes tipos de maciço atravessado.

Assim, na situação de maciço decomposto ou de formações terrosas, tipo solo residual, dada a sua natureza predominantemente arenosa, os taludes poderão apresentar um comportamento muito susceptível ao ravinamento, pelo que para além das normais medidas de adoçamento da inclinação dos taludes, 1/1.5 (v/h), deverá ser executado o revestimento dos mesmos com uma cobertura de terra vegetal e espécies vegetais adequadas, por forma a evitar a erosão superficial. Deverá ainda ser efectuada a captação de águas superficiais e ressurgências ao nível dos taludes, respectivamente através de valetas de crista de talude, valetas de banquetas, máscaras e/ou esporões drenantes ou eventualmente drenos californianos no contacto do maciço muito alterado a decomposto com o maciço medianamente alterado a são.

4.3 - Aterros

4.3.4 - Fundação dos aterros

Em termos de orografia do terreno, deparamos com a alternância de zonas aplanadas com zonas correspondentes à drenagem natural da superfície, impondo a criação de aterros com alturas que podem ultrapassar os 30m, sendo os seus alinhamentos depressionários, por vezes preenchidos por formações recentes, às quais se associa fraca resistência ao carregamento e deformabilidade elevada.

No caso dos terrenos de fundação serem formações de substrato, cuja orografia é aplanada ou pouco acidentada, não será previsível a ocorrência de problemas geotécnicos significativos uma vez que se tratam de materiais com características de fundação adequada, nomeadamente em termos de compressibilidade e capacidade de carga. Nestes casos apenas será de prever, a limpeza e regularização da fundação e, eventualmente, a compactação de zonas de solos mais descomprimidos.



No entanto, quando o terreno natural apresente pendente superior a 1/1.5 (v/h), deverá ser efectuada a remoção dos solos superficiais menos consolidados, seguida da execução de endentamentos (disposição em degraus) na superfície de fundação, removendo-se para além dos materiais terrosos, os materiais rochosos decompostos, com vista à obtenção de uma boa ligação, aterro/terreno de fundação. Nestas situações, deverão ainda ser executadas valas longitudinais de drenagem, ao longo dos endentamentos, cada 4 degraus.

Quando os aterros assentam sobre formações recentes mais descomprimidas (depósitos aluvionares ou de solos residuais e coluvionares), torna-se provável a ocorrência de alguns problemas geotécnicos, intimamente relacionados quer com a insuficiente capacidade de carga, quer com a presença do nível freático próximo da superfície (aterros aos p.k.'s 11+700, 19+600, 21+000, 21+775 e 6+450).

Nestas situações propõe-se o saneamento integral destes materiais compressíveis, sempre que apresentem espessuras reduzidas, da ordem de 1-2m (e apenas quando o nível freático não for interceptado durante a sua execução), e/ou em todas as situações de transição escavação/aterro em formações de solos residuais ou coluvionares.

Os solos saneados deverão ser levados a vazadouro, já que não reúnem características geotécnicas compatíveis com a sua aplicação no corpo de aterro.

Nos casos em que não seja viável o saneamento dos depósitos recentes, quer pela sua possança, quer pela presença de níveis freáticos próximos da superfície, proceder-se á à colocação de uma camada drenante em material granular associada a geotextil de reforço e a geotextil anti-contaminação. Nestas situações não deverá ser realizada qualquer decapagem e/ou saneamento, mas apenas proceder-se à limpeza dos materiais mais resistentes (troncos, raízes, pedras, etc).

No do caso específico do aterro entre o p.k. 22+025 e 22+150, que interessa um lago artificial pouco profundo, não foi possível medir a espessura dos depósitos presentes. Prevê-se no entanto, que após efectuadas as operações de decapagem seja alcançada a formação de substrato (maciço granítico), na qual não será previsível a ocorrência de problemas geotécnicos significativos, uma vez que se tratam de materiais com características de fundação adequada, nomeadamente em termos de compressibilidade e capacidade de carga. Recomenda-se no entanto, que em fase de obra sejam realizados



poços de prospecção para aferir a possança do depósito colúvio-aluvionar, uma vez que a sua definição apenas se baseou no reconhecimento de superfície.

4.3.5 - Geometria dos Taludes de Aterro

Tomando em consideração as características geotécnicas dos materiais a movimentar, a disponibilidade dos mesmos, os condicionamentos de ocupação do solo, a dimensão (altura) dos aterros e a experiência acumulada, preconizou-se como regra geral para a geometria dos taludes de aterro, a inclinação 1/1.5 (v/h).

Em zonas particulares e mais desfavoráveis, como em zonas de forte pendente transversal e/ou aterros de menor altura, prevê-se a adoção de soluções que poderão passar pela Terramesh ou pela incorporação nas estruturas de aterro de espaldares e/ou prismas de enrocamento.

No caso de aterros de forte pendente transversal, deverá ser garantida uma boa ligação na interface aterro/escavação, à custa de forte endentamento do terreno natural, podendo para o efeito ter que se recorrer ao uso de explosivos para a sua cravação.

Os taludes dos aterros de maior altura serão dotados de banquetas estabilizadoras com 3 metros de largura sempre que ultrapassem os 15 metros de altura.

Nas situações em que os aterros sejam dotados de espaldares e/ou prismas de enrocamento podem apresentar uma geometria exterior de 1/1.25 (v/h).

Assim os materiais rochosos que venham a ser extraídos, deverão ser utilizados preferencialmente na construção dos aterros aos pk's 12+700, 13+600, 14+200 e 17+250 de prismas, bases de aterro e nas zonas de espaldares como enrocamento, e eventualmente quando em excesso, no corpo dos aterros sob a forma de solo-enrocamento.

Deverá também ser dada particular atenção à ocupação de zonas de socacos, que para além de eventual saneamento de materiais com forte presença de matéria orgânica, deverão ser na totalidade removidos de forma a que a boa ligação aterro/fundação seja devidamente garantida.

A construção dos aterros devesse ter sempre em consideração o especificado no Caderno de Encargos, nomeadamente, a execução de aterros experimentais que pretendem aferir as condições de aplicabilidade do equipamento de compactação, em



função dos materiais utilizados, espessuras de camadas, número de passagens e, o controlo de qualidade da execução (tipo de ensaios e sua frequência, etc.).

No quadro 4.3.2, apresenta-se um resumo das principais características dos aterros, sendo proposta a geometria a adoptar em cada situação, bem como as medidas de tratamento adoptadas.

Quadro 4.3.2 – Resumo das principais características dos aterros

IC5 - LOTE 6.2 (Fase de Projecto de Execução)											
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessadas	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Inclinação de taludes (v/h)		Medidas de reforço - fundação e/ou aterro					
				Lado esquerdo	Lado direito	Sobreescavação na fundação	Camada drenante na base	Endentamento da fundação	Enrocamento na base aterro	A terro zonado	Observações
7+225 a 7+350	γπmg	8,9 - 7,2 - 5,5		1/1,25	1/1,5			X		X	
7+800 a 7+850	γπmg	12,9 - 7,4 - 2,5		1/1,25	1/1,5			X		X	
8+100 a 8+550	γπmg	21,4 - 20,3 - 16,9	- DPSH6-L6.2	1/1,5	1/1,5			X			banqueta intermédia (LE)
8+700 a 9+100	Al/Co + γπmg	25,9 - 25,7 - 23,8	- P101-L6.2; DPSH6-L6.2; PS8-L6.2	1/1,5	1/1,5						banqueta intermédia (LE)
9+650 a 10+000	γfmg	20,8 - 21,7 - 21,8	- P102-L6.2	1/1,5	1/1,5						banqueta intermédia
10+350 a 10+950	γfmg	11,6 - 14,4 - 15,9	- PDL100-L6.2; PDL101-L6.2; PDL102-L6.2; PDL103-L6.2	1/1,5	1/1,5			X			banqueta intermédia (LD)
11+525 a 12+600	γfmg	21,4 - 22,1 - 22,2	- PDL104-L6.2; PDL105-L6.2; PDL106-L6.2; PDL107-S111-L6.2	1/1,5	1/1,5						banqueta intermédia (LD/LE)
12+600 a 12+750	γfmg / CXG	21,7 - 17,5 - 16,7	- P114-L6.2	1/1,25	1/1,5			X	X	X	banqueta intermédia (LE)
13+050 a 13+375	CXG	19,6 - 14,3 - 13,8	- PDL108-L6.2; PDL109-L6.2; PDL110-L6.2	-	1/1,5	X		X			Muro Terra-Mesh (LE)
13+550 a 13+675	CXG	11,5 - 8,0 - 5,8		1/1,25	1/1,5	X		X	X		
14+050 a 14+250	CXG	1,8 - 6,1 - 8,1	- S116-L6.2	1/1,5	1/1,5	X		X	X		
14+675 a 14+850	CXG	32,7 - 34,4 - 36,1	- PDL113-L6.2	1,1,5	1/1,5 + 1/1,5 + 1/1,25	X		X	X	X	banquetas a cada 12 metros (LE/LD)
15+250 a 15+375	CXG	12,3 - 15,7 - 15,5	- PDL114-L6.2	1/1,5	1/1,5			X			banqueta intermédia (LD)
16+600 a 16+825	CXG	16,7 - 16,8 - 15,5	- S121-L6.2	1/1,5	1/1,5						banqueta intermédia (LE)
17+250 a 17+425	γfmg	18,5 - 16,7 - 12,6	- S122-L6.2	1/1,25	1/1,5			X	X	X	Banqueta intermédia (LE)

Legenda: γπmg- Granito porfiróide de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;



Quadro 4.3.2 – Resumo das principais características dos aterros (continuação)

IC5 - LOTE 6.2 (Fase de Projecto de Execução)											
Localização aproximada (p.k.)	Formações interessadas	Altura máxima aproximada (m) Esq. - Eixo - Dir.	Prospecção realizada	Inclinação de taludes (v/h)		Medidas de reforço - fundação e/ou aterro					
				Lado esquerdo	Lado direito	Sobreescavação na fundação	Camada drenante na base	Endentamento da fundação	Enrocamento na base aterro	Aterro zonado	Observações
17+500 a 17+800		11,4 - 11,1 - 6,3		1/1,25	1/1,5					X	
18+350 a 18+450		3,2 - 3,8 - 6,5		1/1,5	1/1,25					X	
19+325 a 19+950		20,4 - 20,9 - 20,5	- P21-L6.2;	1/1,5	1/1,5						Banqueta intermédia (LD7/LE)
19+325 a 19+950	Al/Co + γfmg	20,4 - 20,9 - 20,5	- P121-L6.2; P122-L6.2	1/1,5	1/1,25		X			X	Banqueta intermédia (LD/LE)
20+175 a 20+500	γfmg	4,6 - 5,7 - 6,2	- P123-L6.2;	1/1,5	1/1,5						
20+675 a 21+400	Al/Co + γfmg	10,5 - 12,4 - 14,3	- P124-L6.2; P125-L6.2	1/1,5	1/1,5						
21+700 a 21+850	Al/Co + γfmg	12,6 - 15,0 - 16,4	- PDL115-L6.2	1/1,5	1/1,5			X			
22+050 a 22+150	γfmg	2,9 - 3,5 - 2,6		1/1,5	1/1,5						
22+550 a 23+225	γfmg	14,3 - 14,0 - 12,8		1/1,5	1/1,5						
23+650 a 23+935	γfmg	13,4 - 12,9 - 12,0		1/1,5	1/1,5						

Legenda: γmg- Granito porfiróide de grão médio a grosseiro; γfmg- Granito de grão fino a médio a grosseiro; CXG- Complexo xisto-grauváquico; Sr- Solo residual; Tv- Terra vegetal; Al/Co- Depósito Aluvio-coluvionar;

4.3.1 - Revestimento dos Taludes de Aterro

Um dos processos para minimizar a possibilidade de ravinamento dos taludes de aterro, provocado pela ocorrência de águas superficiais, consiste no revestimento dos mesmos com uma cobertura constituída por terra vegetal e espécies vegetais adequadas.

Prevendo-se alguma dificuldade na obtenção de materiais em quantidade e qualidade adequada para este fim, recomenda-se também a utilização da técnica de hidrosementeira, já que garante uma mais rápida fixação e crescimento das espécies vegetais, a qual devera ser executada o mais breve possível, após a conclusão dos trabalhos de construção do aterro, com vista a evitar a erosão dos taludes com as primeiras chuvas.

4.4 - Drenagem

A natureza litológica, as características hidrogeológicas das formações ocorrentes, os dados colhidos durante o reconhecimento de superfície e a informação resultante da prospecção efectuada, permite-nos concluir que existirão algumas possibilidades de afluência água ao longo do traçado, principalmente durante a época das chuvas.

Embora exista alguma contradição na informação da prospecção efectuada, que dificulta, um melhor conhecimento na localização do nível freático, tentou-se estabelecer um cenário provável e estimar as medidas necessárias à eliminação e/ou minimização dos efeitos resultantes da acção de águas subterrâneas e de superfície, quer nos taludes de escavação quer na fundação dos aterros.

Assim, preconizamos a seguinte metodologia geral:

- execução de valetas de crista e de banquetas, com a função de protecção dos taludes de escavação, relativamente aos fenómenos de ravinamento e instabilidades provocadas pela infiltração de água para o interior dos maciços;
- construção de valetas de plataforma profundas, revestidas nas zonas onde estejam previstos drenos de rebaixamento do nível freático, com a função de evitar a infiltração de água no pavimento e maciço inferior;

- construção de valetas de bordadura em aterros, com a função de evitar o ravinamento destes taludes;
- execução de órgãos de drenagem especiais do tipo “máscara drenante” e “esporão drenante”, em locais onde exista afluência de água aos taludes, que possa instabilizar os mesmos, quer por ravinamento, quer por erosão interna;
- execução de drenos de respiração em todas as escavações;
- execução de drenos de rebaixamento do nível freático, onde se verifique que o mesmo se encontra a um nível superior ao da plataforma;
- execução de valas drenantes transversais ou em espinha na camada inferior ao leito de pavimento das escavações onde se verifique a presença de água de origem subterrânea, nas proximidades da rasante;
- execução de valas drenantes transversais ou em espinha, em todas as zonas de transição aterro / escavação onde se verifique que o nível freático está próximo da superfície;
- execução de valas drenantes longitudinais e eventuais camadas drenantes, na fundação de aterros, onde se verifique a possibilidade de afluência de água. Deverá ainda proceder-se à devida drenagem do pé de talude dos aterros, evitando a acumulação de água nestes pontos;
- revestimento vegetal de todos os taludes com inclinação igual ou inferior a 1/1.5 (v/h).

De modo a evitar a contaminação dos órgãos de drenagem por materiais de fina granulometria, e com vista a prevenir fenómenos de erosão interna, deverá ser sempre utilizada manta geotêxtil filtrante, com porometria e resistência adequadas ao tipo de aplicação em questão.

Todos os dispositivos de drenagem aplicados, deverão conduzir as águas colhidas a pontos de drenagem natural, directa ou indirectamente, através de órgãos de recolha e condução de águas, garantindo a inexistência de zonas de deficiente escoamento que possam vir a causar eventuais prejuízos à obra.

4.5 - Características Geotécnicas dos Materiais a Movimentar - Reutilização

4.5.2 - Características Geotécnicas dos Materiais

A informação disponível apresentada no estudo geológico-geotécnico do sublanço do IC5, permite-nos antever que os materiais a escavar ao longo do traçado, após a decapagem, poderão ser reutilizados na execução de aterros, praticamente na sua totalidade.

Nos materiais a desmontar verifica-se, face ao reconhecimento de campo e à prospecção efectuada, uma notória homogeneidade e monotonia geológico-geotécnica das formações a mobilizar, no tocante à terraplenagem.

Nos materiais ensaiados, e no que respeita à Classificação Rodoviária, verifica-se a predominância de solos pertencentes aos subgrupos A-1-b (0).

No que refere à Classificação Unificada, a superioridade é dos subgrupos SM, os restantes enquadram-se no subgrupo SW - SM.

Relativamente à Classificação Francesa (LCPC/SETRA), a maior parte dos solos ensaiados enquadra-se nas subclasses B5 surgindo também solos das classes B4, B3 e D2.

Concluiu-se assim que a totalidade dos materiais ensaiados, reúne condições para uma aplicação no corpo dos aterros sem necessidade quaisquer cuidados especiais.

Efectivamente, os solos deste tipo de maciço, caracterizados no âmbito do estudo do sublanço, apresentaram as seguintes características geotécnicas:

- P #3/4 > 85%
- P #200 < 20.6%
- Equivalente de areia € [15% a 79%]
- Teor de humidade natural € [4.5% a 15.8%]
- Limite Liquidez – 26 a NP
- Índice de plasticidade – 22 a NP
- Azul-de-metileno – € [0.06 a 0.88]
- Baridade seca máxima – 1.94 a 2.1 g/cm³

- Teor óptimo de humidade – 8.6 a 11.1%
- CBR (95% AASHTO MOD) € [7% a 26%]

No que respeita aos materiais rochosos a mobilizar com as escavações da linha, dada a sua reduzida ocorrência, não foram alvo de qualquer caracterização laboratorial. No entanto dada a experiência já tida com estes materiais podemos apontar que se irão enquadrar nas subclasses R61, R62 e R63, de acordo com a Classificação Francesa (LCPC/SETRA).

Os materiais R62 e R63 virão proporcionar a execução de aterros através das normais técnicas de construção de solo-enrocamento, podendo os pertencentes à subclasse R61 proporcionar a execução de enrocamentos.

De acordo com o Traçado proposto procedeu-se nesta fase a uma avaliação dos movimentos de terras diferenciando as zonas entre o início do traçado e a ponte do Tua e entre esta e o final do lanço. Os resultados obtidos (incluindo ramos dos Nós de Ligação e Restabelecimentos) apresentam-se no quadro seguinte:

	Pk 7+000 até à ponte do Tua	Ponte do Tua até Final do lanço	Volume global
Volume de escavação (m³)	2.574.054	1.128.342	3.702.396
Volume de aterro (m³)	2.266.409	1.031.103	3.297.512
Desmorte previsto com recurso a explosivos (m³)	750.000	350.000	1.100.000

Da análise às quantidades de terras a movimentar ao longo da alternativa Norte, trecho Carlão / Pombal constata-se haver na globalidade da Alternativa Norte um excesso de terras de aproximadamente 400.000 m³. Este excesso verifica-se essencialmente no trecho entre o pk 7+000 e a Ponte do Tua, aproximadamente 300.000 m³. No trecho Ponte do Tua – final do Lanço o excesso de terras é de aproximadamente 100.000 m³.

Do volume de terras escavado (3.702.396 m³) prevê-se que aproximadamente 1.100.000 m³ correspondam a quantidades escavadas com recurso a explosivos.

Parte significativa dos materiais ocorrentes no presente traçado reúne condições para a sua integral utilização como leito de pavimento.

Assim e deforma a garantir um classe de fundação do pavimento do tipo F3 (60-80 MPa) considerou-se que o leito de pavimento deverá ser executado com uma camada de 0.30 m de espessura, com materiais do tipo S3 (10% < CBR ≤ 20%) - A-1-b / SM / B₄₋₅, uma vez que os materiais ocorrentes a cota inferior à desta camada, terão sempre qualidade idêntica ou muito próxima.

Nas zonas em aterro, o leito de pavimento assentará sobre a PSA (parte superior do aterro) que deverá ser constituída por duas camadas de 0.30 m de materiais de tipo idêntico, aos prescritos no parágrafo anterior para o leito de pavimento, considerando-se como mínimo aceitável, materiais do tipo S2 (5% < CBR ≤ 10%).

Nas zonas em escavação em maciço rochoso de reduzida a mediana qualidade, no mínimo idêntica à dos materiais prescritos para o leito de pavimento e onde o nível freático não ocorra próximo da plataforma, apenas se deverá proceder à escarificação, regularização e compactação dos materiais ocorrentes na base da escavação.

Nas escavações onde a rasante esteja muito próxima da superfície do terreno natural e que interessem essencialmente maciços terrosos ou rochosos decompostos que não apresentem as características prescritas para leito de pavimento, proceder-se-á a uma sobrescavação adicional de 0,60 m, seguida da execução de duas camadas idênticas às prescritas para a PSA.

Nas zonas em escavação em maciço rochoso são a pouco alterado, e principalmente, quando for detectado nível freático próximo da superfície, deverá proceder-se a uma sobrescavação média da ordem dos 0.15 m e à britagem "in situ" dos materiais ocorrentes ou então à substituição por materiais granulares, com o objectivo de regularizar a escavação e materializar um meio descontínuo, tipo "colchão drenante", que dificultará o acesso de águas subterrâneas às camadas de pavimento. Nestas situações, esta camada funcionará como leito de pavimento.

Nesta fase, não é possível definir com rigor o limite entre as situações anteriormente referidas. Este limite deverá ser definido durante a construção, face às condições geotécnicas encontradas.



4.5.3 - Materiais para o Pavimento

Face aos elevados horizontes de alteração dos maciços a escavar, não foi considerada no presente estudo o aproveitamento dos materiais da linha para a produção de inertes com características adequadas à sua utilização em camadas de pavimento.

Independentemente da solução que venha a ser adoptada, com vista a avaliar as características de deformabilidade do leito de pavimento e assim aferir os pressupostos assumidos no projecto de pavimentação, preconiza-se a utilização de ensaios com deflectómetro de impacto.

O controlo de qualidade destes materiais deverá sempre observar o exposto no Caderno de Encargos.

Vila Real, em Maio de 2009

Pela Norvia, Consultores de Engenharia, SA

O Eng.º Geólogo

P' Norvia – A Direcção Técnica

(António Ferrão)

(Paulo Cristina)