

DATA GEO

Tecnologias de Geologia e Ambiente, Lda.

Cliente:



CÂMARA MUNICIPAL DE SEIA

**ESTABILIZAÇÃO DO TALUDE DO
LOTEAMENTO DA HABIOJEM**

PROJETO DE EXECUÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA

Proc. 0348

DEZEMBRO 2021

ÍNDICE

1- INTRODUÇÃO	2
2 - SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	4
3 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA.....	8
3.1- LITOLOGIA E GRAU DE ALTERAÇÃO	8
3.2 - ESTRUTURA E FRATURAÇÃO	10
3.3 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	17
3.4 - INDÍCIOS DE POTENCIAIS INSTABILIZAÇÕES	18
4 - DRENAGEM DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	20
5 - DIAGNÓSTICO DA INSTABILIZAÇÃO	24
6 - SOLUÇÕES DE ESTABILIZAÇÃO.....	28
6.1 - ASPETOS GERAIS.....	28
6.2 - ZONA DO TALUDE.....	30
6.2.1 - LIMPEZA, CONTENÇÃO E REFORÇO DA PROTEÇÃO DO TALUDE.....	30
6.2.1.1 - LIMPEZA E DESMATAGEM MANUAL DA PARTE SUPERIOR DA FACE DO TALUDE.....	30
6.2.1.2 - LIMPEZA E SANEAMENTO MANUAL DA PARTE INFERIOR E INTERMÉDIA DA FACE DO TALUDE.....	30
6.2.1.3 - INSTALAÇÃO DE REDE DE PROTEÇÃO E CONTENÇÃO	31
6.2.1.4 - DRENOS SUB-HORIZONTAIS PARA DRENAGEM DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	33
6.2.2 - ESCAVAÇÃO A NORTE DO LOTEAMENTO	34
6.2.3 - DRENAGEM DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	34
6.2.3.1 - ASPETOS GERAIS	34
6.2.3.2 - VALETA DE CRISTA ADJACENTE À GUARDA DE SEGURANÇA DA EN239	35
6.2.3.3 - VALETA INTERMÉDIA.....	35
6.2.3.4 - VALETA DE PÉ DE TALUDE	36
6.2.3.5 - VALETAS E CAIXAS DE DERIVAÇÃO NA DESCIDA DA ENCOSTA A NORTE.....	36
6.3 - ZONA DA ESTRADA FLORESTAL	38
7 - SINALIZAÇÃO TEMPORÁRIA	40
8 - FASEAMENTO CONSTRUTIVO.....	41

1- INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a Memória Descritiva do Projeto Execução para a Estabilização do Talude Leste do Loteamento da Habijovem, junto à Estrada Nacional EN339, no concelho de Seia, desenvolvido pela Datageo – Tecnologias de Geologia e Ambiente, Lda., por convite do Departamento de Obras Públicas daquele Município.

O estudo desenvolvido procurou diagnosticar as causas do desprendimento e queda de blocos de rocha e outros materiais de recobrimento daquele talude, tendo por objetivo apresentar soluções para o controlo e remediação daqueles fenómenos de instabilização do talude. Com base no diagnóstico efetuado, foi desenvolvido o presente projeto de execução.

O talude em questão situa-se junto ao loteamento da Habijovem, em Seia, entre o limite leste daquela urbanização e a estrada nacional EN339, desenvolvendo-se entre, aproximadamente, o KM 1+845 e o KM 1+960 daquela via, tal como se ilustra nas imagens seguintes.

LOCALIZAÇÃO DA ZONA DO TALUDE

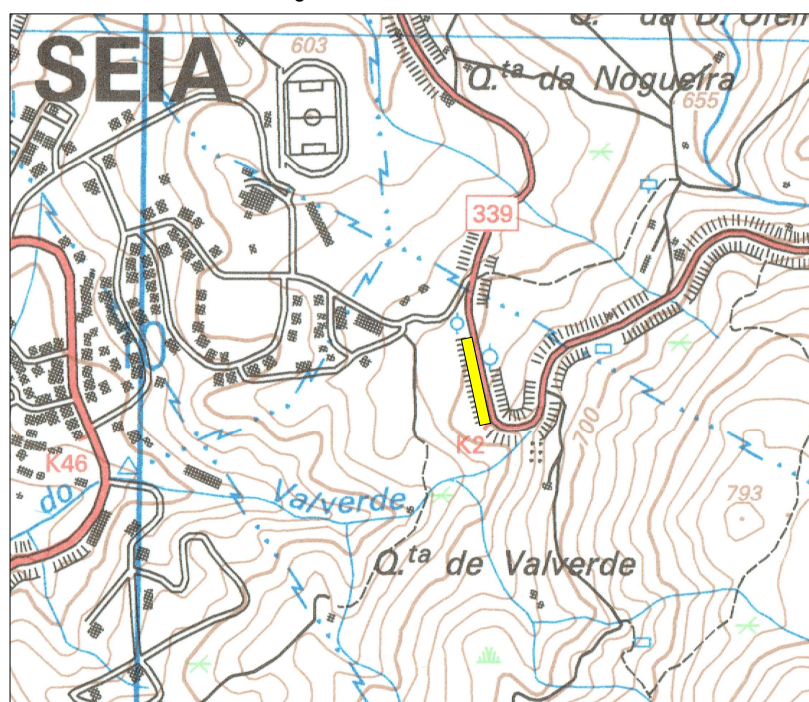
Imagem aérea extraída do Google Earth



LEGENDA:

— Localização
do talude

Extrato ampliado da Carta Militar de
Portugal, na escala 1/25.000, folha nº 212



2 - SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

O talude em questão localiza-se junto no perímetro leste do Loteamento da Habijovem, no concelho de Seia, imediatamente a leste da Estrada Nacional EN339, que liga Seia a Sabugueiro.

Trata-se de um talude que resultou de uma escavação para a criação de uma plataforma para a construção de um conjunto de moradias unifamiliares em banda, com dois pisos acima do terreno e um piso enterrado, para garagem.

Este talude situa-se entre o limite leste daquelas propriedades e a Estrada Nacional EN339, apresentando uma extensão linear de cerca de 125 m, um desnível máximo da ordem dos 9 m, na zona sul, verificando-se uma redução de altura para norte onde apresenta um desnível de cerca de 6 m. A inclinação do talude, embora variável ao longo da sua extensão apresenta cerca de 70°, em relação a horizontal, na parte inferior e intermédia, chegando pontualmente a cerca de 80°. A inclinação sofre uma ligeira diminuição na parte superior, variando entre 50° a 60°, em relação à horizontal.

A parte inferior do talude, com maior inclinação, corresponde ao setor escavado, enquanto que a parte superior, ligeiramente menos inclinada, corresponde à inclinação original do relevo e em parte ao aterro da base e sub-base da estrada nacional EN339.



Vista do talude de norte para sul



Vista do talude de sul para norte

Em Maio de 2021 verificou-se o desprendimento e a queda de terras e de alguns blocos na parte inferior a intermédia do talude, num pequeno setor da sua parte norte, cuja localização se apresenta na imagem seguinte, assim como no Desenho 1, em anexo.

Este episódio de instabilização do talude ocorreu durante um período de forte precipitação na zona.

Após a derrocada, a Câmara Municipal de Seia mandou proceder à remoção dos materiais caídos, e a uma limpeza da superfície da face do talude, na parte inferior e intermédia deste, no setor onde ocorreu a instabilização. Na parte superior do talude, naquele setor, efetuaram-se trabalhos de desmatagem com remoção de algumas árvores e vegetação arbustiva.



Localização da zona instabilizado do talude



Cicatriz da zona instabilizada do maciço, após a remoção e limpeza dos materiais caídos, observando-se a superfície fresca da rocha granítica.

Aspetos dos trabalhos de saneamento
e limpeza da superfície do talude após a instabilização



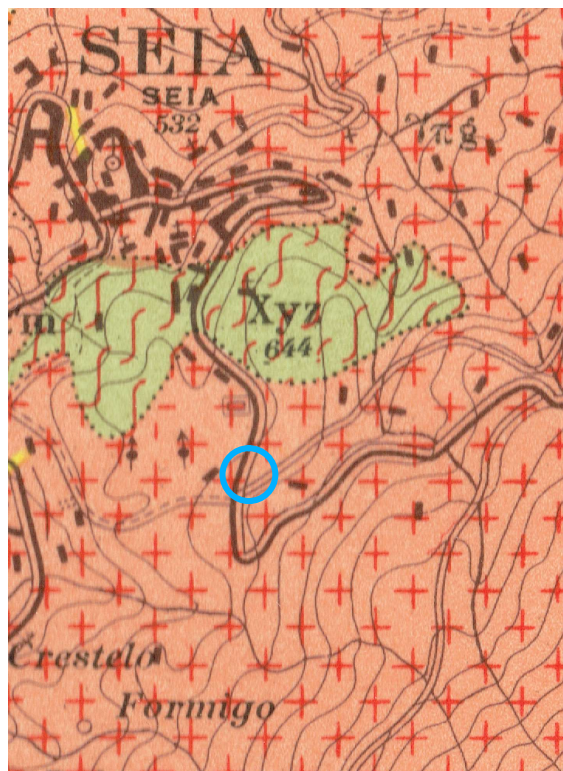
3 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA

3.1- LITOLOGIA E GRAU DE ALTERAÇÃO

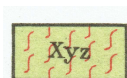
De acordo com Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50.000, folha 17-D, e a respetiva notícia explicativa, a zona onde se localiza o talude em questão integra-se num extenso afloramento granítico, tal como se pode constatar na imagem seguinte. São classificados, naqueles documentos oficiais, como “granito de grão grosseiro, não porfiróide”.

Um pouco a norte, fora da área em análise, ocorrem formações de xistos, granitos e migmatito atribuídas naquela carta geológica, ao “Complexo xisto-grauváquico ante-ordovício”.

No Desenho 1 apresenta-se uma cartografia geológica e geotécnica, mais pormenorizada da zona da superfície do talude. Observam-se vários afloramentos de granito de grão grosseiro nos setores sul e norte do talude, embora em grande parte da superfície do mesmo, em especial na sua parte central, o substrato rochoso se encontre recoberto por solo, escombros e restos de produtos daquela escavação não removidos.



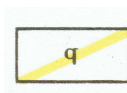
Extrato ampliado da Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50.000, folha 17-D.

LEGENDA:

Complexo xisto-granito-migmatítico

Complexo xisto-grauváquico
ante-ordovícico e séries
metamórficas associadas

Granito de grão grosseiro, não porfíroide



Filões de quartzo



Localização da zona do talude

No reconhecimento de superfície empreendido foi possível distinguir dois níveis de alteração do granito, cuja cartografia se apresenta na planta do Desenho 1:

- Granitos de grão grosseiro medianamente alterados

Ocupam grande parte do setor sul e norte do talude, caracterizando-se por apresentarem uma apreciável disjunção esferoidal. Os setores mais alterados do substrato situados entre os blocos de morfologia esferoidal encontram-se frequentemente muito alterados. No entanto, o maciço no seu conjunto revela-se bastante compacto, não evidenciando descompressão significativa. Os blocos esferoidais apresentam menor grau de alteração.

- Granitos de grão grosseiro muito alterados a decompostos

Ocupam praticamente a parte central do talude, ocorrendo também imediatamente a sul da zona edificada com as moradias em banda num talude transversal a sul, e também mais a norte, já fora do talude, tal como se ilustra na planta do Desenho 1. Nestes setores o maciço rochoso apresenta um aspeto uniforme e compacto, pontualmente com alguns pequenos blocos esferoidais remanescentes.

3.2 - ESTRUTURA E FRATURAÇÃO

Na carta geológica da região não se encontra assinalada nenhuma falha na zona, não tendo sido também detetado, no reconhecimento de superfície empreendido, qualquer acidente tectónico quer na zona do talude quer na sua envolvente

O maciço rochoso apresenta-se bastante fraturado, em especial nas zonas medianamente alteradas. A compartimentação do maciço é definida nesses setores por diversas famílias de diaclases e também pela própria segmentação associada à disjunção esferoidal. Embora a disjunção esferoidal seja, em certa medida, controlada pelo diaclasamento presente, nalgumas situações a disjunção esferoidal revela-se isenta da presença de diaclases, sendo a compartimentação do maciço nesses casos, apenas resultante da progressão da alteração da qualidade do maciço entre os diferentes núcleos esferoidais.

A compartimentação nas zonas medianamente alteradas varia entre cerca de 40 cm a 60 cm.

Nas zonas muito alteradas e decompostas o maciço rochoso não apresenta uma aparente compartimentação controlada por diaclases, mas antes uma massa rochosa muito alterada, aparentemente quase homogénea. Apesar do acentuado grau de alteração o maciço apresenta uma elevada resistência ao corte.

O talude transversal a este, a sul da zona edificada com as moradias em banda, encontra-se praticamente vertical, com vários metros de altura, permanecendo estável, sem quaisquer indícios de rotura ou sinais de episódios de instabilização, embora aquela verticalidade constitua sempre um elevado risco.

Num maciço rochoso compartimentado por fraturas, a determinação da existência de uma compartimentação em blocos potencialmente instáveis, é em parte determinada pela orientação de diferentes conjuntos de diaclases. Determinadas conjugações e respetivas intersecção de planos de diaclases podem originar uma compartimentação de blocos favorável à instabilização.

Para avaliar a existência de conjugações de planos de diaclases favoráveis à ocorrência de blocos potencialmente instáveis recorreu-se ao levantamento sistemático das principais famílias de diaclases presentes na zona do talude, tendo-se procedido à sua projeção estereográfica para avaliar a existência de conjugações e intersecções de fraturas que revelem a existência de eventuais blocos de compartimentação do maciço potencialmente instáveis.

Convém salientar que o levantamento realizado se baseou nas diaclases observáveis, situação em muito condicionada pelo recobrimento vegetal, de solo, de resíduos e de construções, que ocorrem ao longo do talude e impedem um levantamento sistemático completo. Por este motivo, foram incorporadas as orientações das fraturas de uma zona mais alargada, o que confirmou o padrão local da orientação das diaclases. Considera-se, contudo, que o inventário empreendido permite obter uma ideia bastante aproximada da situação de compartimentação do maciço na zona do talude, embora este padrão seja aplicável apenas aos setores medianamente alterados do maciço,

uma vez que nos setores muito alterados e decompostos apenas se consegue observar um maciço aparentemente sem descontinuidades.

O levantamento das orientações das fraturas permitiu identificar as seguintes principais famílias de diaclases:

N 24° E; 80° W;

N 22° E; Vertical;

N 23° E; Vertical;

N 104° E; 50° N;

N 114° E; 70° N;

N 56° W; Vertical;

N 55° W; Vertical;

N 47° W; 70° E;

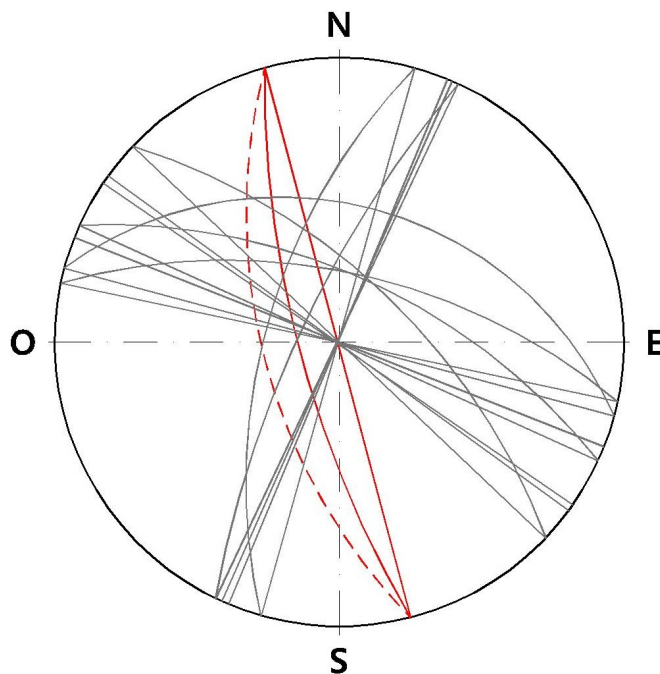
N 79° W; 70° N;

N 76° W; 70° N;

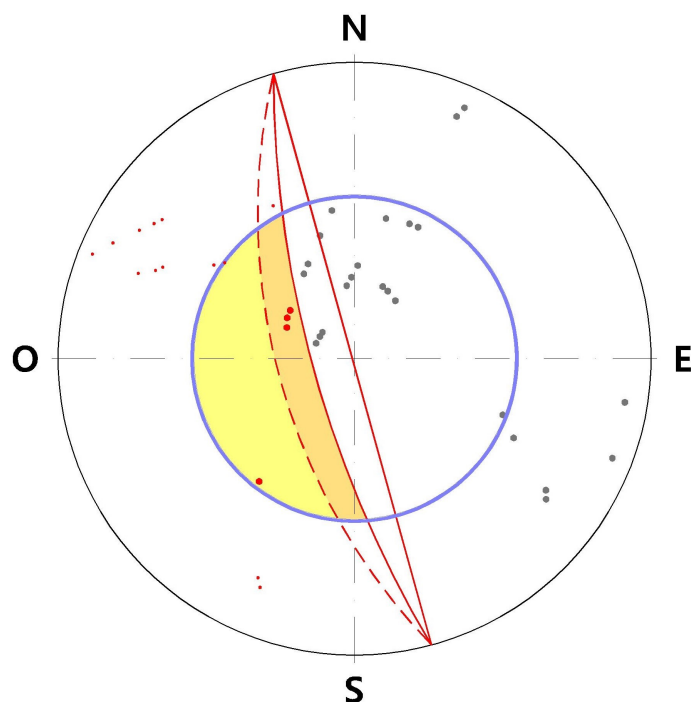
N 15° E; 70° W;

N 64° W; Vertical.

Na figura seguinte apresenta-se a projeção estereográfica das principais famílias de descontinuidades (a preto) assim como duas posições da superfície do talude, uma com 70° em relação à horizontal (vermelho tracejado) e outra com 80° em relação à horizontal (vermelho contínuo).



Na projeção estereográfica seguinte são apenas projetados os eixos correspondentes à aresta de interseção de duas diaclases conjugadas, deduzidos da projeção anteriormente apresentada.



Grande parte dos eixos de interseção de dois planos de diaclases, representados a preto, apresentam uma direção e inclinação que incide apenas para o interior do talude, a leste deste, pelo que não implicam uma compartimentação de blocos instáveis.

Diversos eixos de interseção de dois planos de diaclases, representados a vermelho, ocorrem no setor a oeste quer do plano que define o talude com um ângulo 70° (tracejado vermelho), quer do plano que define o talude com um ângulo de 80° (traço contínuo vermelho). Para procurar avaliar quais destes eixos de interseção de dois planos de diaclases poderão ser considerados, na projeção estereográfica, como potencialmente instáveis, recorreu-se ao designado teste de Markland para avaliar o risco de instabilização, admitindo-se um ângulo de atrito de 45° . O facto do granito de grão grosseiro ter uma elevada granularidade o que aumenta o atrito e as diaclases apresentarem-se fechadas e sem preenchimento de materiais argilosos o que também incrementa o atrito, levaram a admitir aquele valor. O limite do círculo de atrito, de 45° , encontra-se representado a azul na projeção estereográfica da figura anterior.

Verifica-se que apenas um dos eixos cai sobre a mancha amarela limitada pelo círculo de atrito e pela projeção correspondente à face do talude com 70° graus de inclinação, em relação à horizontal, apresentando o seguinte pendor e azimuth:

46° ; 219° .

Aquele eixo corresponde à interseção das diaclases com as seguintes atitudes:

$N 15^\circ E$; $70^\circ W$ / $N 24^\circ E$; $80^\circ W$.

Àquelas direções torna-se necessário que também ocorra a conjugação com as diaclases com as seguintes atitudes, para se definir um bloco potencialmente instável:

$N 47^\circ W$; $70^\circ E$;

$N 56^\circ W$; Vertical;

$N 55^\circ W$; Vertical;

$N 64^\circ W$; Vertical;

N 114° E; Vertical;

N 79° W; 70° N;

N 76° W; 70° N.

A zona assinalada a laranja corresponde à mesma análise de estabilidade recorrendo ao teste de Markland, considerando o mesmo ângulo de atrito, mas admitindo uma inclinação do talude de 80°, em relação à horizontal. Neste caso assinalam-se três eixos de interseção de diaclases que caem fora da zona do talude, tal como se assinala na projeção, apresentando os seguintes pendores e azimutes:

67°; 305°;

68°; 304°;

69°; 294°.

Aqueles eixos correspondem às conjugações das seguintes atitudes de diaclases:

N 15° E; 70° W / N 55° W; Vertical;

N 15° E; 70° W / N 56° W; Vertical;

N 15° E; 70° W / N 64° W; Vertical.

Àquelas direções torna-se necessário que também ocorra a conjugação com as diaclases com as seguintes atitudes, para se definir um bloco potencialmente instável:

N 24° E; 80° W;

N 22° E; Vertical;

N 23° E; Vertical;

No caso do talude com um pendor de 80° (traço vermelho contínuo) acresce ainda o eixo que cai na zona amarela, uma vez que se situa dentro do círculo do ângulo de atrito e a face do talude com inclinação de 80°, em relação à horizontal, cujas atitudes das diaclases foram referidas anteriormente na análise da mancha amarela.

Os pontos mais pequenos assinalados a vermelho fora do círculo do ângulo de atrito não constituem risco potencial de instabilização, dos blocos do maciço, cuja compartimentação definem, embora intersectem as duas inclinações consideradas para o talude de escavação.

Pelo exposto verifica-se que existem quatro eixos de conjugação de planos de diaclases que poderão ser considerados como potencialmente instáveis. Destes, três apenas no caso do talude apresentar uma inclinação superior a 70° , o que apenas ocorre de forma muito pontual com extensões muito limitadas.

A instabilização devido a uma compartimentação de blocos potencialmente instáveis aparenta ser reduzida, tendo em conta que o talude apresenta predominantemente uma inclinação de 70° .

Além disso, o eixo de conjugação de diaclases considerado como potencialmente instável situa-se praticamente sobre o limite do círculo do ângulo de atrito.

Convém salientar que na zona já instabilizada do talude, em que este apresenta cerca de 70° de inclinação em relação à horizontal, não se observam as diaclases com atitudes que originam o eixo, que na projeção estereográfica cai na zona amarela, junto ao limite do círculo de atrito.

A análise empreendida, a que acresce esta constatação, leva a admitir que o desmoronamento que teve lugar em Março de 2021 não terá resultado da instabilização de uma compartimentação de blocos instáveis. A análise do processo de instabilização que ocorreu será retomado mais adiante.

As seguintes orientações de diaclases, apesar da sua inclinação mergulhar para o

interior do maciço, no sentido oposto ao do talude, poderá eventualmente originar fenómenos de basculamento, conhecido também por “topling”:

N 47° W; 70° E;

N 104° E; 50° N;

N 79° W; 70° N;

N 76° W; 70° N.

Em obra, após a limpeza completa do talude, tal como se preconiza posteriormente, haverá que identificar os locais em que aquelas diaclases ocorrem, e avaliar, caso a caso, se constituem um risco potencial de instabilização por basculamento, devendo nos casos que assim o imponham, o recurso à aplicação de eventuais pregagens específicas e pontuais.

3.3 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Não foram detetadas quaisquer emergências de água subterrânea, ou humidades, na superfície do talude, aquando do reconhecimento de superfície.

Também não foram encontrados poços ou furos de captação de águas subterrânea na envolvente da zona do talude.

Admite-se, contudo, que aquando de um período de intensa precipitação, poderá ocorrer alguma percolação subterrânea na zona mais descomprimida e fraturada do maciço, o que pode eventualmente promover, na face da escavação do maciço rochoso, subpressões sobre os materiais soltos ou descomprimidos que o recobrem, contribuindo para a sua instabilização.

Atendendo a esta possibilidade, embora interpretativa, considera-se prudente, a inclusão no projeto, de drenos sub-horizontais para drenagem de eventuais águas subterrâneas que possam circular na zona, em especial em períodos de forte precipitação, por forma a reduzir a possibilidade de ocorrência de sub-pressões que possam promover a instabilização dos materiais da face do talude.

3.4 - INDÍCIOS DE POTENCIAIS INSTABILIZAÇÕES

Apesar de se ter empreendido o levantamento da atitude das diaclases durante o reconhecimento de superfície, e da sua projeção estereográfica, no sentido de verificar a ocorrência de compartimentações que definam blocos potencialmente instáveis, os indícios de instabilização observados no talude não se caracterizam pelo deslocamento de blocos compartimentados ou resultantes de processos de basculamento.

Observam-se ao longo do talude algumas pequenas cicatrizes de início rotura e de deslocamento, em geral no topo da parte mais inclinada, que indiciam o início de processos de instabilização. Aparentemente, estas cicatrizes encontram-se associadas ao topo dos materiais soltos que ocorrem sobre a superfície do talude, aparentemente relacionados com os materiais soltos que recobrem o talude, constituídos por solos misturados com restos de escavação, escombros e alguns pequenos blocos.

O desmoronamento que já ocorreu no talude em Maio de 2021 parece ter resultado de um processo relacionado com a queda de material maioritariamente solto que se encontrava sobre a superfície do talude, que terá resultado também num desprendimento e queda de algum material mais descomprimido da parte superficial do maciço rochoso propriamente dito. A morfologia que se observa após a limpeza da parte do talude instabilizado não difere substancialmente da morfologia da parte adjacente do talude não instabilizado, pelo que se considera que a instabilização se encontra relacionada apenas com materiais soltos que existiam sobre o talude, e não

com a queda de blocos resultantes de uma compartimentação favorável à sua instabilização.

Esta constatação recomenda que toda a superfície do talude seja limpa de todos os materiais soltos que ocorrem sobre o mesmo ao longo do setor inferior mais inclinado, devendo aquela limpeza incluir a parte inferior do setor intermédio e superior menos inclinado. Aquela limpeza deverá contemplar também a remoção de alguns setores francamente mais descomprimidos do maciço rochoso. O objetivo desta limpeza é a remoção dos materiais potencialmente instáveis que se encontram em equilíbrio instável sobre a zona inferior mais inclinada do talude.

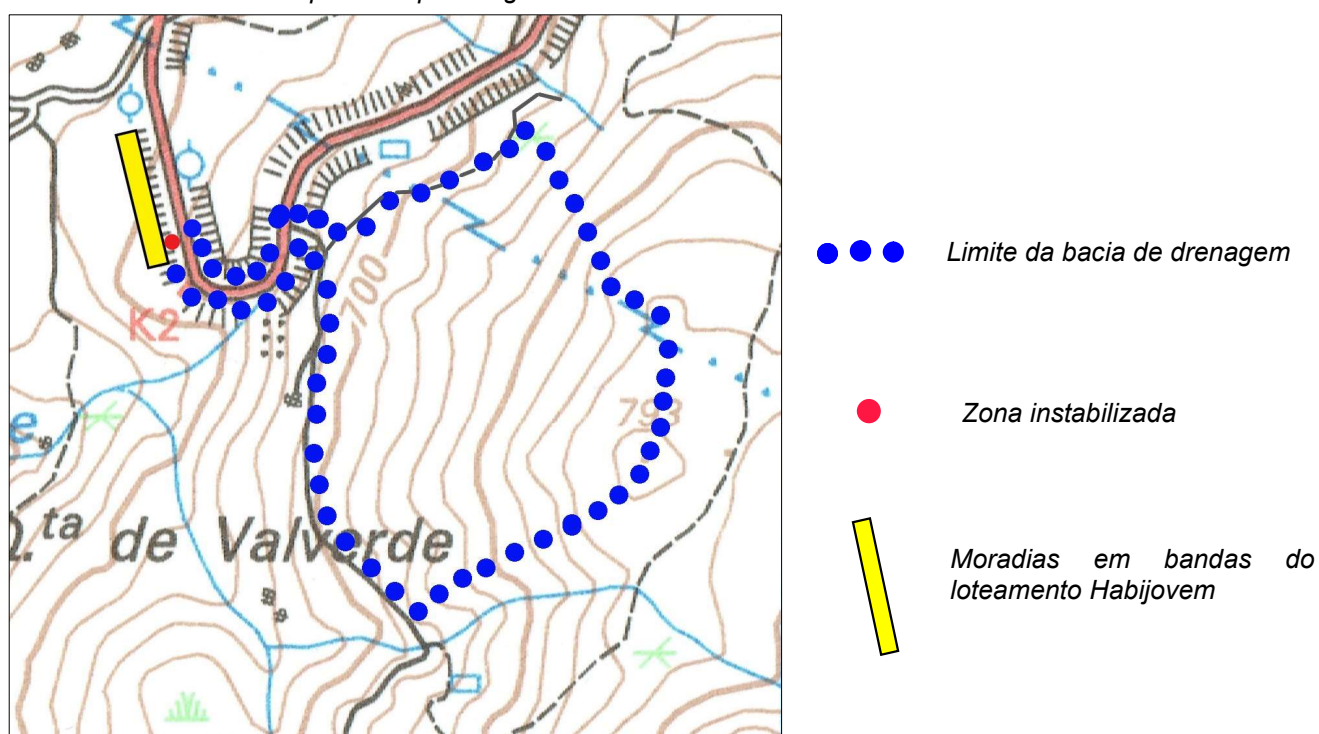
Após aquela limpeza deverá ser instalada uma rede de proteção contra a eventual queda futura alguns pequenos blocos das zonas mais descomprimidas. Os detalhes destas soluções são expostos com maior detalhe mais adiante.

4 - DRENAGEM DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

O talude em análise situa-se quase no sopé da encosta pertencente à elevação designada por Cabeça Malhada, que apresenta uma cota máxima de 1013 m, e constitui um dos contrafortes da estrutura maior em que se enquadra, o maciço da Serra de Estrela.

As vertentes desta elevação local apresentam um pendor acentuado, interrompido por um pequeno patamar nesta vertente, à cota 793, localizado a nordeste da Quinta de Valverde, tal como se ilustra na imagem seguinte.

Delimitação da bacia de drenagem das águas de escorrência superficial que atingem o talude



Naquele extrato da carta topográfica apresenta-se o limite da bacia de drenagem das águas superficiais que são encaminhadas para a zona do talude em análise.

Existem dois caminhos florestais que circundam aquela encosta e que intersectam as escorrências provenientes daquela encosta, canalizando-as para um outro caminho florestal onde terminam, o qual por sua vez conduz as águas para a estrada nacional EN339, na qual termina um pouco a montante do talude em análise.



*Caminho florestal que contorna
o monte pelo lado norte*



*Caminho florestal que contorna
o monte pelo lado oeste*



*Parte terminal do caminho
florestal junto à EN339*

Devido à configuração e da inclinação da parte terminal do caminho florestal na zona em que atinge a estrada nacional EN 339, aquelas águas de escorrência não são encaminhadas quer para o sumidouro que existe imediatamente a norte, nem para a valeta que se encontra imediatamente a sul, ambas na berma leste da EN339.



*Caixa de derivação na EN339
Imediatamente a montante do*



*Valeta na EN339
imediatamente a jusante do
caminho florestal*

Atingindo a EN339, as águas de escorrência prosseguem ao longo daquela estrada. O acentuado pendor desta via e o reduzido escoamento existente na mesma fazem com que as águas de escorrência sejam projetadas para a parte exterior da curva existente na EN339 a montante da zona do talude, atingindo a berma do lado oeste da estrada, descendo em seguida o talude até à sua base. Na imagem seguinte apresentam-se os principais canais de fluxo das águas de drenagem superficial até à zona do talude.

*Principais circuitos de encaminhamento das
águas de escorrência até ao talude*



A escorrência de um elevado fluxo de águas superficiais ao longo do talude, em especial quando ocorre forte precipitação constitui um fator que apenas contribui para a instabilização dos materiais soltos que ocorrem na zona da superfície do talude.

5 - DIAGNÓSTICO DA INSTABILIZAÇÃO

A frente do talude apresenta grande quantidade de materiais remanescentes da fase de escavação tais como solos, pedras e alguns pequenos blocos soltos, situação decorrente em grande parte da falta de limpeza e remoção completa daqueles materiais no final dos trabalhos de escavação.

A plantação de diversas árvores e arbustos na parte superior do talude contribui apenas para facilitar a instabilização das partes mais superficiais e descomprimidas do maciço rochoso.

Tal como se indicou anteriormente a bacia de drenagem das águas superficiais que afluem à zona da estrada e ao talude em questão apresenta uma dimensão muito significativa o que implica um grande afluxo de água em períodos de intensa precipitação.

Os caminhos florestais que circundam a base da elevação situada um pouco a sudeste do talude, tal como se indicou atrás, constituem caleiras naturais que intersectam a descida das águas até à base das respetivas vertentes, conduzindo-as para a estrada nacional através do caminho florestal único onde confluem, o qual por sua vez descarrega aquelas águas de escorrência na Estrada Nacional.

O intenso afluxo de água no caminho florestal que conflui na EN339 deverá, por certo, atingir grande volume e velocidade de fluxo, uma vez que já levou à destruição parcial

do pavimento da estrada nacional, na zona onde se cruza com esta, conseguindo-se observar atualmente no pavimento betuminoso na EN339 a extensa zona que na altura teve de ser reparada e substituída, tal terá sido a intensidade da torrente das águas de escorrência proveniente daqueles caminhos florestais. A parte inicial da estrada florestal foi posteriormente revestida com betão com o intuito de impedir a sub-escavação do pavimento da estrada nacional, na sua confluência, tal como já tinha acontecido anteriormente.

Aquelas reparações e melhoramentos não incluíram no entanto o adequado desvio das águas provenientes dos caminhos florestais em questão. Apenas impediram que a torrente de água que aflui daqueles caminhos, já não danificasse o pavimento da estrada nacional. A elevada carga sólida que se observa sobre todo o revestimento de betão da parte inicial do caminho florestal atesta que o intenso afluxo de águas de escorrência superficial permanece, sendo direcionado diretamente para a estrada nacional, onde desagua sobre o pavimento desta.

A caixa de derivação que ocorre na EN339 imediatamente acima da entrada do caminho florestal, assinalada no plano esquemático do Desenho 6, praticamente na esquina deste caminho com aquela estrada nacional, não recebe a maior parte das águas de escorrência que circulam no troço final do caminho florestal, devido ao facto do pendor do caminho florestal ser em grande parte inverso à posição daquela caixa.

Por outro lado, o alteamento que se observa na esquina oposta da estrada florestal, não faculta o escoamento das águas de escorrência superficial para a caleira da berma da estrada nacional situada a jusante, indicada na planta esquemática do Desenho 6.

Verifica-se assim, que a morfologia da parte final do caminho florestal, e o posicionamento dos órgãos de drenagem existentes na estrada nacional naquele setor, não permitem a recolha da maior parte das águas de escorrência quer na caixa de derivação a montante, quer para a caleira a jusante, pelo que a maior parte das águas de escorrência são descarregadas diretamente sobre a estrada nacional, descendo

ao longo da mesma até à zona do talude adjacente ao loteamento da Habijovem. A velocidade que atingem na zona da curva da estrada, devido ao pendor acentuado da via, permite que as mesmas atinjam a berma do lado oeste da estrada nacional, na zona do topo do talude instabilizado, passando sob a guarda de segurança e descendo rapidamente ao longo do talude em questão.

Os materiais soltos e blocos instáveis que se situam sobre a superfície do talude tendem a ser erodidos e mobilizados, perante a descida de um grande fluxo de águas de escorrência superficial, dando lugar à instabilização e queda de materiais e blocos mais superficiais daquele talude de escavação.

Em síntese, e em face do exposto, a instabilização do talude decorreu essencialmente dos seguintes fatores principais, a saber:

- a presença de solos, entulhos, restos de material da escavação, e alguns pequenos blocos soltos de setores mais descomprimidos do maciço, sobre o talude de acentuado pendor, elementos favoráveis à instabilização da superfície do talude, em especial quando sobre estes são descarregados importantes afluxos de água;
- a presença de árvores promove a abertura de fendas e reduz o grau de consolidação de alguns blocos de granitos localizados no setor mais externo do talude;
- a concentração significativa de águas de escorrência superficial proveniente de setores a montante, com particular contributo das estradas florestais imediatamente a montante, promoveu a erosão dos materiais soltos remanescentes na superfície do talude, assim como de blocos mais superficiais, acentuando a erosão e a instabilização nos setores muito

alterados a decompostos ou muito fraturados;

- poderá ter ocorrido alguma contribuição de afluxo de água subterrânea, ou sub-superficial, à superfície do talude quer devido a um eventual aumento do nível freático local, quer da intensa infiltração e saturação das fraturas locais, durante fortes períodos de precipitação.

6 - SOLUÇÕES DE ESTABILIZAÇÃO

6.1 - ASPETOS GERAIS

Com base no diagnóstico apresentado expõem-se, em seguida, as medidas que se consideram mais adequadas, e necessárias, para garantir a estabilização do talude, e impedir o futuro desenvolvimento de novos episódios de instabilização, bem como evitar a eventual erosão regressiva do talude nos setores mais alterados.

A solução apresentada baseia-se nos seguintes fundamentos:

- eliminação dos materiais soltos ou descomprimidos, potencialmente instáveis, da superfície do talude;
- eliminação do coberto vegetal arbustivo e arbóreo da superfície do talude, que apenas promovem a descompressão do talude através das suas raízes;
- desvio controlado das águas de escorrências quer ao nível do talude, quer do afluxo proveniente mais a montante dos caminhos florestais;
- garantir a drenagem de águas subterrâneas que eventualmente circulem na zona, em períodos de forte precipitação, de modo a evitar a instalação de sub-pressões na face do talude.

Convém, desde já, realçar que o projeto de estabilização não se limita apenas à área do talude propriamente dita. Inclui a zona do caminho florestal que existe um pouco a montante, do lado direito da estrada nacional no sentido para o Sabugueiro, de onde provém um elevado fluxo das águas de escorrência superficial que afluem em grande quantidade à superfície do talude, e que promovem a sua instabilização e erosão.

Atendendo ao facto do levantamento topográfico disponível para a área do talude não abranger a zona do caminho florestal, tornou-se necessário elaborar uma planta esquemática baseada em medições no terreno, e também através do Google Earth, que constitui a base de trabalho para a apresentação da solução do projeto naquele caminho florestal, apresentada no Desenho 6, considerando-se que o detalhe desta planta esquemática é suficiente para o tipo de trabalhos que deverão ser realizados naquele setor a intervir.

As medidas preconizadas no presente projeto para a estabilização do talude resumem-se aos seguintes três domínios de intervenção, designadamente:

- LIMPEZA, CONTENÇÃO E REFORÇO DA PROTEÇÃO DO TALUDE

Baseia-se na limpeza do talude e na instalação de uma rede de contenção e reforço da estabilidade do talude, e sustenta eventuais quedas de pequenos blocos do talude.

- DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Incidirá no desvio e adequado encaminhamento das águas de escorrência superficial, minimizando ao máximo a sua afluência à superfície do talude.

- DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Como medida preventiva visa o estabelecimento de eventuais sub-pressões

decorrentes do aumento do nível freático na zona ou da saturação das fraturas, que possam promover e desencadear episódios de instabilização no talude.

Empreende-se, em seguida, a descrição das várias componentes do projeto em cada um destes domínios específicos de intervenções. Trata-se de uma breve caracterização das componentes previstas, remetendo-se os aspetos técnicos de maior detalhe para o anexo das “Cláusulas técnicas Especiais” deste projeto, assim como para a consulta das plantas, alçados e pormenores que constam nas peças desenhadas, apresentadas também em anexo.

6.2 - ZONA DO TALUDE

6.2.1 - LIMPEZA, CONTENÇÃO E REFORÇO DA PROTEÇÃO DO TALUDE

6.2.1.1 - LIMPEZA E DESMATAGEM MANUAL DA PARTE SUPERIOR DA FACE DO TALUDE

Requer a limpeza, da face da parte superior do talude, de materiais soltos e vegetação lenhosa (arbustos e árvores), vegetação arbustiva, incluindo remoção das raízes e do remanescente do corte de árvores, conservando-se apenas a vegetação herbácea naquela faixa da parte superior do talude definida a verde na planta do Desenho 2.

6.2.1.2 - LIMPEZA E SANEAMENTO MANUAL DA PARTE INFERIOR E INTERMÉDIA DA FACE DO TALUDE

Preconiza-se que toda a parte inferior e intermédia do talude, assinalada a cor de rosa na planta do Desenho 2, seja limpa de construções, pedras e materiais soltos, detritos, entulhos e vegetação lenhosa (arbustos e árvores), vegetação arbustiva e herbácea,

incluindo remoção das raízes e do remanescente do corte de árvores, devendo ser deixada à vista apenas a superfície fresca do maciço rochoso, implicando quando necessário a picagem superficial do mesmo.

Ocorre atualmente alguma ocupação da parte inferior do talude por edificações muito ligeiras, que muito provavelmente terão sido edificadas pelos moradores dos lotes contíguos às mesmas. Também ocorre nalguns setores armazenamento de pilhas de lenha no talude, na parte exterior aos lotes.

Haverá que proceder à remoção de todas estas edificações que ocorrem fora dos limites dos lotes, assim como dos amontoados de lenha acumulados e quaisquer outros materiais depositados no talude.

6.2.1.3 – INSTALAÇÃO DE REDE DE PROTEÇÃO E CONTENÇÃO

A aplicação da rede para proteção e contenção do talude tem por principal objetivo sustentar a superfície daquela frente de escavação e sustentar a eventual queda de blocos, para proteção de pessoas e bens que se situam a escassos metros do mesmo. A instalação da rede só deverá ser realizada após os trabalhos de limpeza e saneamento da superfície do talude, descritos anteriormente.

Na planta do Desenho 2 encontra-se representada a localização da área em que deverá ser implantada a rede de proteção e contenção.

No Pormenor 1 do Desenho 2 consta um perfil tipo transversal com os componentes da instalação da rede.

No mesmo Desenho apresenta-se um alçado da estrutura da rede de contenção e proteção, assim como dos cabos perimetrais, horizontais e verticais, das pregagens e dos drenos sub-horizontais.

A rede a aplicar será de malha hexagonal de tripla torção 80 x 100 mm Ø 2,7, sendo fixa inicialmente aos cabos perimetrais, os quais por sua vez serão apoiados em bengalas de apoio de varão de 20 mm, aço A400, serão instaladas em perfurações com diâmetro 66 mm com 2 m de comprimento, sendo seladas ao maciço rochoso com calda de cimento C/A = 2/1.

Serão realizadas pregagens autoperfurantes com diâmetro de 32 mm, na cabeça das quais serão instaladas placas de aço FE 360 0,20 x 0,20 m, espessura de 8 mm, adaptadas ao ângulo do talude, para amarração dos cabos de aço verticais e horizontais. As pregagens autoperfurantes serão executadas em dois níveis, tal como se identifica no Alçado do Desenho 2. No nível superior o comprimento de perfuração terá uma extensão de 6 m enquanto que no nível inferior será de 3 m.

Os cabos perimetrais, horizontais e verticais deverão ser em aço galvanizado Ø16, com resistência à tração do fio elementar de 1770N/mm², para reforço entre as pregagens.

A colocação de cabos de reforço aumenta a resistência do conjunto, limitando a sua deformação e a área da superfície de influência.

No Pormenor 2 do Desenho 2 apresenta-se um esquema de uma seção tipo da estrutura da rede de contenção e proteção, incluindo as bengalas, cabos perimetrais, verticais e horizontais, assim como as cabeças das pregagens autoperfurantes para amarração dos cabos.

As características dos materiais que serão utilizados na execução da rede, incluindo as da própria rede de tripla torção, dos cabos de aço perimetrais, verticais e horizontais, e das pregagens constam no quadro do Pormenor 4 do Desenho 2.

A rede de tripla torção devido às suas características pode resistir a grandes esforços, mesmo em casos de rotura accidental do arame, pelo facto da tripla torção impedir a propagação da desmalhagem.

A função da rede em malha hexagonal de tripla torção é de reter as pedras de pequenas dimensões que se podem desprender do talude rochoso, para além de colaborar com o painel de cabos de aço na resistência do revestimento exigida no projeto nas zonas delimitadas das pregagens. Pelas suas características a rede de tripla torção apresenta uma maior facilidade de manutenção, permitindo a reparação apenas nos locais danificados.

6.2.1.4 - DRENOS SUB-HORIZONTAIS PARA DRENAGEM DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Apesar de não se detetarem quaisquer escorrências de água na superfície do talude instabilizado, nem zonas de humidade nos materiais que o recobrem em diversos setores, admite-se, atendendo à elevada fraturação de alguns setores do maciço rochoso, que a instabilização anteriormente registada poderá ter tido, eventualmente, alguma contribuição de um aumento súbito do nível freático na zona, originando subpressões interiores contra a superfície do talude, o que poderá ter contribuído também para promover o colapso observado.

Considera-se assim prudente, mesmo necessário, empreender um conjunto de drenos sub-horizontais ao longo do talude, com espaçamento entre si de aproximadamente 5 m. Os drenos sub-horizontais serão perfurados com diâmetro de Ø 50 mm, com uma inclinação de 5° acima da horizontal, sendo revestidos com geotêxtil de 300 g/m², e aplicação de bueiro na extremidade, tal como se encontra representado no perfil tipo apresentado no Pormenor 1 do Desenho 2. A localização dos drenos sub-horizontais encontra-se representada na Planta e no Alçado do Desenho 2.

6.2.2 - ESCAVAÇÃO A NORTE DO LOTEAMENTO

O reduzido espaço existente entre o limite norte das edificações e o maciço rochoso não permite a passagem da caleira intermédia a construir naquele setor, nem a instalação das caixas de receção e de derivação a instalar naquele traçado, tal como indicado no Desenho 2.

Torna-se assim necessário proceder a uma escavação ao maciço rochoso, de modo a permitir uma plataforma com cerca de 1 m de largura junto ao limite das edificações.

O traçado desta escavação encontra-se representado no Desenho 2. A pendor dos taludes desta escavação será de 5/1 (V/H). O maciço granítico apresenta-se localmente medianamente alterado pelo que a escavação a realizar será viável com meios mecânicos, eventualmente com equipamentos de percussão de ataque pontual. Não poderão em qualquer situação ou sob qualquer pretexto serem utilizados explosivos.

6.2.3 - DRENAGEM DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

6.2.3.1 - ASPETOS GERAIS

Tal como se referiu anteriormente, reconhecem-se duas frentes de intervenção em termos de projeto da drenagem superficial, uma relacionada com o desvio das águas superficiais provenientes da zona de confluência da EN339 com a estrada florestal situada um pouco a montante, e outra relacionada com o desvio das águas na zona do próprio talude.

As medidas de drenagem superficial preconizadas neste projeto visam a reformulação e expansão do sistema da drenagem das águas de escorrência superficial naqueles dois

setores, de modo a garantir o seu encaminhamento controlado para os sistemas de drenagem propostos, procurando desviá-las e impedi-las de alcançarem o talude.

6.2.3.2 - VALETA DE CRISTA ADJACENTE À GUARDA DE SEGURANÇA DA EN339

Será construída uma valeta de secção semi-circular em betão com Ø 0,4 m, para impedir o afluxo das águas provenientes da estrada para a zona do talude. Esta valeta deverá ser construída no setor imediatamente adjacente aos prumos da guarda de segurança existente, do lado da EN339, de acordo com o traçado indicado no Desenho 2, e no Pormenor 5 apresentado no Desenho 4. A zona não pavimentada entre os prumos da guarda de segurança e o pavimento betuminoso da estrada apresenta atualmente uma extensão variável entre 0,75 m e 0,80 m. Torna-se assim necessário prolongar a betonagem associada à nova valeta até à zona do pavimento betuminoso existente, mantendo o mesmo pendor do pavimento da via. A escavação para a instalação da valeta deverá prolongar-se até ao pavimento da via, por forma a que seja possível a pavimentação do setor entre a caleira e o pavimento da via, com betão C 16/20.

6.2.3.3 - VALETA INTERMÉDIA

Na zona intermédia a superior do talude, imediatamente acima da estrutura da rede de proteção e contenção a instalar no talude, adjacente ao cabo perimetral superior e imediatamente acima deste, de acordo com o traçado definido na planta do Desenho 2, deverá ser construída uma pequena valeta em betão de secção semi-circular com Ø 0,2 m, de acordo com o Pormenor 7 do Desenho 4, que terá por função a recolha e condução controlada das águas pluviais que caiam sobre a parte superior do talude.

Para a instalação desta caleira haverá que proceder a uma ligeira escavação, tipo entalhe, para permitir a incorporação da valeta no talude. Esta valeta, que acompanhará lateralmente o cabo perimetral superior, termina numa caixa de derivação a norte do talude, na parte da encosta não escavada.

6.2.3.4 - VALETA DE PÉ DE TALUDE

Esta valeta em betão de secção semi-circular com Ø 0,3 m será construída junto à base do talude e do muro da parte traseira dos logradouros dos lotes da urbanização. O seu traçado é apresentado na Planta do Desenho 2, assim como o perfil da evolução da sua inclinação no Alçado do mesmo Desenho.

Esta caleira terá por função a recolha e encaminhamento das águas de escorrência provenientes da parte intermédia e inferior do talude.

Ao longo do seu traçado serão intercaladas três caixas de derivação para mudança de direção do escoamento (Pormenores 12, 13 e 14 no Desenho 5). Esta caleira terminará numa caixa de receção e de queda para ligação a um coletor enterrado (Pormenor 15, Desenho 5), cuja localização se encontra representada no Desenho 2.

6.2.3.5 - VALETAS E CAIXAS DE DERIVAÇÃO NA DESCIDA DA ENCOSTA A NORTE

O encaminhamento das águas das duas valetas anteriormente descritas, a valeta de crista adjacente à guarda de segurança da EN339 e a valeta intermédia, será garantido através de duas caleiras a construir a longo da encosta remanescente a norte do loteamento, tal como indicado no na planta do Desenho 2.

No topo desta caleira de direção próxima de E-O será construída uma caixa de derivação para desvio das águas da caleira de crista a construir junto à guarda de segurança da EN339.

A valeta de crista adjacente à guarda de segurança da EN339 terminará numa caixa de derivação simples (Pormenor 10, Desenho 5) que permitirá o desvio das águas para uma outra valeta praticamente ortogonal, também em betão de secção semi-circular com Ø 0,4 m (Pormenor 6, Desenho 4), que permitirá a descidas das águas ao longo do setor superior da encosta, tal como se indica na planta do projeto no Desenho 2.

A valeta intermédia será ligada a uma caixa de derivação (Pormenor 11, Desenho 5) na zona da encosta remanescente a norte do loteamento. Esta caixa de receção e derivação receberá também as águas provenientes da valeta de secção semi-circular em betão com Ø 0,4 m, tal como representado na Planta do Desenho 2.

A ligação desta caixa de derivação na zona intermédia da encosta até à caixa de receção e de queda para ligação a um coletor enterrado a construir na base da encosta, será garantida por uma valeta em betão de secção semi-circular com Ø 0,5 m (Pormenor 9, Desenho 4).

Na base da encosta a norte do loteamento prevê-se a instalação de uma caixa de receção e de queda para ligação a um coletor enterrado (Pormenor 15, Desenho 5) que receberá as descargas das valetas em betão de secção semi-circular com Ø 0,5 m e com Ø 0,3 m, tal como se definido no Desenho 2.

6.3 - ZONA DA ESTRADA FLORESTAL

Para se conseguir o desvio e encaminhamento das águas de escorrência superficial que afluem à estrada florestal junto à EN339, torna-se necessário proceder à instalação de valetas em betão de secção semi-circular com Ø 0,4 m, para recolha e condução controlada das águas de escorrência para jusante e impedir que prossigam em frente até à zona do pavimento da EN339.

Na planta esquemática que consta no Desenho 6 apresenta-se a localização das duas caleiras a construir nos setores marginais ao caminho florestal.

No Desenho 6 são apresentados os cortes longitudinais e transversais deste caminho.

A valeta do lado norte desta estrada florestal desenvolve-se desde o topo da estrada florestal que se liga à EN339, até à caixa de derivação que já existe junto à berma da EN339, na esquina entre as duas vias. Esta caixa de derivação recebe atualmente as águas da valeta situada a montante da mesma, tendo ligação a uma conduta já existente que se desenvolve sob a EN339, permitindo o encaminhamento das águas para um canal existente no outro lado da estrada, o qual se liga a uma linha de água próxima.

A valeta a construir no lado sul da estrada florestal permitirá também o adequado encaminhamento das águas de escorrência de forma controlada. Esta valeta ficará conectada a uma caixa de derivação assinalada no Desenho 6, a construir na confluência entre a estrada florestal e a EN339, tendo por função desviar as águas de escorrência daquela valeta da estrada florestal para a valeta triangular já existente na berma da EN339. Esta valeta da EN339 descarrega as suas águas numa ribeira a escassos 100 m a jusante. Haverá, contudo, que reconstruir uma parte da valeta triangular existente, até à caixa de derivação que será instalada na esquina da interseção entre a estrada florestal e a EN339, uma vez que a valeta existente no setor

imediatamente antes da estrada florestal, a sul desta se encontra degradada por acumulação de terras de vegetação.

7 - SINALIZAÇÃO TEMPORÁRIA

Alguns dos trabalhos implicarão o condicionamento do trânsito na estrada Nacional EN339, em particular quando se proceder à execução da caleira de crista junto à guarda de segurança daquela estrada, e durante a execução dos trabalhos no caminho florestal em especial na parte deste junto à estrada nacional.

Durante toda a duração daqueles trabalhos torna-se necessária a instalação de sinalização temporária da via, a qual deverá respeitar o definido no Decreto Regulamentar nº 33/88 de 12 de Setembro, devendo salvaguardar a segurança dos utentes e dos trabalhadores.

8 - FASEAMENTO CONSTRUTIVO

Apresenta-se nesta alínea uma breve descrição do faseamento construtivo do sistema de contenção e estabilização a instalar sobre a parte inferior e intermédia da superfície do talude. No Desenho 3 apresenta-se um esquema evolutivo das seguintes fases de execução do sistema de contenção e estabilização do talude, e que se passa a descrever sumariamente:

- 1 – Limpeza e desmatagem da superfície do talude, incluindo a remoção dos solos, escombros e blocos instáveis;
- 2 - Execução das bengalas;
- 3 – Colocação dos cabos perimetrais com ligação às bengalas;
- 4 – Colocação de malha de tripla torção e fixação desta aos cabos perimetrais;
- 5 – Execução das pregagens autoperfurantes;
- 6- Instalação dos cabos verticais e horizontais e colocação e aperto das placas de amarração da cabeça das pregagens;

7 – Execução dos drenos sub-horizontais com bueiros;

8 - Construção das caleiras de pé de talude, intermédia e de crista junto à guarda de segurança da EN339.

Além destes trabalhos deverão ser realizados os trabalhos preconizados para a zona do caminho florestal a montante, nomeadamente:

1 – Execução das caleiras ao longo do limite do caminho florestal desde o cruzamento com a estrada nacional até ao cruzamento com os outros dois caminhos florestais, um pouco a montante;

2 - Execução de caixa de derivação com ligação à valeta existente, imediatamente a jusante do caminho.

Lisboa, Dezembro de 2021

Henrique Graça

(Geólogo de Engenharia, M. Sc.)