U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

ANÁLISE DO PROJECTO DE UM LANÇO DO ACTUAL IP4 E SUGESTÕES PARA UM TRAÇADO DO FUTURO

VANESSA FILIPA DE MAGALHÃES MARQUES DE AGUIAR

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Adalberto Quelhas da Silva França

Co-Orientador: Professor Doutor Artur Agostinho de Abreu e Sá

JULHO DE 2008

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À memória da minha avó Alice

Em frente, passava a estrada de macadame, há anos em reparação, que vinha do Porto e seguia até Bragança

Miguel Torga, in "Criação do Mundo"

AGRADECIMENTOS

Ao terminar este trabalho, quero expressar o meu reconhecimento a todos quantos contribuíram com a sua ajuda e sugestões para esta realidade.

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador Prof. Dr. Adalberto França, por ter aceite orientar-me neste projecto, e acima de tudo por acreditar.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Artur Sá, por ser a massa granítica onde me pude apoiar, relativamente a este novo mundo que me foi apresentado, o mundo da geologia.

Aos meus pais, que além serem sempre um porto de abrigo, desempenharam um importante papel durante a concretização do trabalho com a sua constante motivação. À minha irmã, Tatiana, por me fazer rir e deste modo me ajudar a ultrapassar as etapas que pareciam mais complicadas de um modo mais ligeiro, pela amizade, pela paciência, pela ajuda.

Ao Eng. António Nobre, pela paciência, conselhos, permanente disponibilidade e ao constante incentivo durante a realização do projecto.

À Sílvia Mota e Miguel Palmela pela camaradagem e incentivos ao longo deste desafio.

Ao pessoal do Departamento de Geologia da UTAD, em especial ao Sr.Tito Azevedo, agradeço o apoio e a amizade.

Eng. Pedro Januário, pela sua disponibilidade e constantes conselhos ao longo do trabalho.

Aos professores António Topa Gomes e José Couto Marques do Departamento de Engenharia Civil da FEUP pela sua disponibilidade e valiosos conselhos.

Engº Verdelho, pela facilidade e ajudas concedidas no arranque do projecto.

Ao Dr. Luís Mota Bastos, Presidente da Associação de Utilizadores do IP4, pela disponibilização de material referente à história deste itinerário.

Engº Domingos Madeira Pinto, Vice-Presidente da Câmara Municipal de Vila Real, pelo material fornecido relativamente do desenvolvimento socioeconómico da região.

RESUMO

Descobrir Trás-os-Montes e "levar o mar" aos transmontanos, foi o objectivo da Estrada Nacional Nº15 (EN15), do Itinerário Principal Nº4 (IP4) e daquele que será o prolongamento da Auto-Estrada Nº4 (A4) até Vila Real. Todos estes projectos corresponderam a autênticos desafios da engenharia rodoviária, não fosse a Serra do Marão uma autêntica muralha em volta de uma das regiões menos desenvolvida do país.

Desde a sua inauguração, nos finais da década de 80, que o IP4 tem vindo a ser alvo de intensa polémica relativa ao alto índice de sinistralidade que regista. Este foi um dos motivos desencadeadores de um novo projecto rodoviário para transpor a Serra do Marão.

A solução final de uma via de comunicação é o resultado de um complexo estudo de viabilidades diversas, que envolve desde o seu início equipas multidisciplinares por modo a fornecer uma avaliação completa e um profundo conhecimento dos locais alvo para a implantação de um projecto, que resulta num estudo final denominado Estudo Prévio. Foi neste conceito de estudo rodoviário que se baseou a primeira parte do presente trabalho, onde de um modo bastante sucinto, se caracterizaram as condicionantes à escolha de um traçado do actual itinerário, desde as de impacte ambiental e sócio-económicas até às mais especificas da engenharia rodoviária, tendo o actual traçado sido analisado segundo as Normas de Projecto da década de 70 (as que vigoravam na época) e das actualmente em vigor.

Apesar de as condicionantes geológico-geotécnicas se incluírem na concretização do Estudo Prévio, a sua importância merece destaque, não só porque no presente caso, a Serra do Marão se constitui como um local de elevado interesse, mas também por a qualidade dos terrenos interferir directamente no tipo de terrapleno a realizar, com implicações directas e pesadas no valor final do projecto. Neste âmbito foi realizado um trabalho de campo, em que foi realizado não só um reconhecimento "in situ" com recolhas de amostras para posterior tratamento laboratorial, mas também uma avaliação dos taludes do IP4, vinte anos após a sua abertura. No sentido de completar este estudo foi realizada, uma análise dos ensaios realizados aquando da elaboração do Projecto do IP4.

Tendo por base toda a informação anteriormente recolhida e o conhecimento da região, este estudo académico termina com uma sugestão de uma possível alternativa para aquele que vai ser o prolongamento da A4 até Vila Real.

PALAVRAS-CHAVE: condicionantes, vias rodoviárias, avaliação geotécnica, IP4, Serra do Marão.

ABSTRACT

Discovering "Trás-os-Montes" and "take the sea" to its inhabitants, was the aim of the national road Nº15 (EN15), the main road Nº4 (IP4) and the road, which will be the prolongation of the highway Nº4 (A4) up to Vila Real. All these projects were real challenges of the road engineering, if we consider the "Serra do Marão" a real waal around one of the most underdeveloped regions of our country.

Since the inauguration of the IP4, at the end of the eighties, this main road has been severely criticised, due to the many accidents that have happened there. This was one of the reasons why a new road project appeared to travel through "Serra do Marão" in a more secure way.

The final solution for a new road is the result of a complex study of several viabilities, which involves, since the very beginning, different teams, so that it can give a complete evaluation and deep knowledge of the chosen places where the new project will be implanted. This leads to a final study, which is known as "Previous Study". It was according to this concept of road study that the first part of this work was based on. In a very summarized way, the conditionings upon which the presente road was chosen are here characterized, from environmental and social-economical impact to the more specific ones of road engineering. The present road plan was analysed following the norms of the project of the seventies (the ones which were then approved) and the ones which are now in use.

Despite the fact that the geological-geotechnical aspects are included in the materialization of the "Previous Study", its importance deserves prominence, not only because "Serra do Marão" has always been seen as a place of high interest, but also because of the quality of the soil which directly interferes with the digging that has to be done, with direct and heavy consequences in the final price of the project. This way, we have done a work, where we not only picked up samples for subsequent laboratorial treatment, but also made and evaluation of the slopes of the "IP4", twenty years after ist construction. Finally, in order to complete this study, we analysed the rehearsals accomplished when the project of the IP4 was elaborated.

This academic study was previously based on the information we gathered and on the knowledge of the region, and it ends up with a suggestion of a possible alternative road, which will be the prolongation of the "A4" highway up to Vila Real.

KEYWORDS: conditionings, roadways, geotechnical evaluation, "IP4", "Serra do Marão"

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i

RESUMO iii

ABSTRACT v

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS 1

1.1. OBJECTIVOS 1

1.2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E CULTURAL 1

1.3. OS 20 ANOS DE HISTÓRIA DO IP4 4

2. CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO, SEGUNDO AS CONDICIONANTES INERENTES AO PROJECTO DE VIAS DE COMUNICAÇÃO 11

2.1. CONDICIONANTES ECONÓMICO-SOCIAIS 11

2.2. CONDICIONANTES TOPOGRÁFICAS 12

2.3. CONDICIONANTES DE IMPACTE AMBIENTAL 15

2.4. OCUPAÇÃO DO SOLO 17

2.5. CONDICIONANTES PAISAGÍSTICAS 18

2.6. CONDICIONANTES HIDROLÓGICAS 19

2.7. CONDICIONANTES TÉCNICO-GEOMÉTRICAS 25

2.1.1. ANÁLISE DO TRAÇADO EM PLANTA 25

2.1.2. ANÁLISE DO TRAÇADO EM PERFIL LONGITUDINAL 38

2.1.3. COORDENAÇÃO DO TRAÇADO EM PLANTA E EM PERFIL LONGITUDINAL 42

3. GEOLOGIA E GEOTECNIA 49

3.1. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO 49

3.2. CARACTERIZAÇÃO LITOESTRATIGRÁFICA E PETOGRÁFICA 50

3.3. GEOTECNIA 63

4. AS NOVAS PROPOSTAS PARA O NOVO TRAÇADO DO IP4 95

4.1. A NOVA PROPOSTA DO GOVERNO PORTUGUÊS PARA O IP4 95

4.2. PARA ALÉM DO GOVERNO PORTUGUÊS, UMA NOVA SUGESTÃO 98

5. CONCLUSÕES 123

BIBLIOGRAFIA 125

ANEXOS 133

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Rede de Estradas de Portugal (www.iep.pt, Setembro 2007) 2

Fig.2 – Troço Amarante – Vila Real, IP4....3

Fig.3 – Registo do número de acidentes com vítimas (AUIP4, 2006) 5

Fig.4 – Registo do número de mortos (AUIP4, 2006)....6

Fig.5 – Registo do número de feridos graves (AUIP4, 2006) 6

Fig.6 – Registo do número de feridos ligeiros (AUIP4, 2006)....7

Fig.7 – Esquema Topográfico da Serra do Marão (www.360portugal.com, Setembro 2007) 13

Fig.8 – Topografia do troço em estudo neste trabalho, baseado nas peças desenhadas do projecto, a linha verde representa o eixo da via 15

Fig.9 – Representação esquemática da linha de água em estudo....22

Fig.10 – Esquema representativo de uma Box-Culvert 24

Fig.11 – Esquema representativo da aplicabilidade dos raios....26

Fig.12 – Relação entre dois alinhamentos rectos e curva circular (in *Normas de Traçado JAE, P3-91*) 28

Fig.13 – Curvas Circulares de sentido contrário (in *Normas de Traçado JAE, P3-91*) 29

Fig.14 – Relação entre raios de curvas consecutivas. Exemplificação com os raios presentes no troço (in *Normas de Traçado da JAE, P3-91*) 30

Fig.15 – Alinhamento recto entre duas curvas compostas....36

Fig.16 – Início da curva circular após concordância convexa (in *Normas de Traçado JAE, P3-91*)....43

Fig.17 – Mau traçado em perfil (in *Normas de Traçado JAE, P3-91*) 43

Fig.18 – Esquema da Zona Centro-Ibérica e da sua subdivisão em domínios com base no critério estratigráfico dos materiais infrajacentes ao Ordovícico Inferior. Os materiais representados como pertencentes ao Complexo Xisto-Grauváquico incluem também ortogneisses pré-variscos e algumas rochas com elevado grau de metamorfismo e de idade desconhecida (Adap. MARTÍNEZ CATALÁN *et all*, 2004, coords.)....50

Fig.19 – Perfil Geológico segundo o eixo da via....61

Fig.20 – Esquema interpretativo da análise efectuada aos taludes 63

Fig.21 – Planta do Itinerário Principal Nº4 e respectivos taludes 65

Fig.22 – Resultado do PDL ao km 13+575 (Dados do Projecto Geológico-Geotécnico à EN15, 1980)76

Fig.23 – Adaptado de "Carta de ripabilidades para ripper D9G – Performance Handbook – Edition 2, s/data)....83

Fig.24 – Classificação AASHO – Solos Graníticos....89

Fig.25 – Classificação AASHO – Solos Xisto-Grauvacóides....89

Fig.26 – Resultados do CBR ao Trado nº62....92

Fig.27 – resultados do CBR ao Trado nº67 93

Fig.28 – Resultados do CBR ao Trado nº69 93

Fig.29 – Futuro traçado da A4, na zona em estudo, implantado nas cartas militares, à escala 1:25000, n^{os}113 (Amarante) e 114 (Santa Marta de Penaguião) 96

Fig.30 – Traçado rodoviário e limitação teórica dos perímetros de protecção aos aquíferos da empresa "Águas do Marão" (área delimitada por traço azul), e local das nascentes (indicada pelo quadrado a vermelho), implantados nas cartas militares, à escala 1:25000, n^{os}113 (Amarante) e 114 (Santa Marta de Penaguião) 97

Fig.31 – Excerto da Carta Geológica de Portugal 10-C (Peso da Régua) com a implantação esquemática do troço em estudo do actual IP4 (vermelho) e do futuro traçado da A4 (amarelo) 97

Fig.32 – Possíveis itinerários a seguir para Mondim de Basto, traço descontínuo a roxo 100

Fig.33 – Localização do troço a substituir (Traço azul), as setas a vermelho indicam as extremidades do "Túnel do Marão" 103

Fig.34 – Implantação das zonas de protecção às populações delimitadas pelo traço a cor-de-rosa 104

Fig.35 – Condicionantes da área em estudo 106

Fig.36 – Adaptado de Carta Geológica do Ramo Sul da Serra do Marão (COKE, 2000), o corredor delimitado pelos traços vermelhos é condicionante para a implantação do traçado 107

Fig.37 – Corredor obtido pelo estudo km [0+000; 5+500], implantado na carta militar nº113 (Amarante) 110

Fig.38 – Sugestão proposta [6+000; 11+000], implantada nas cartas militares nº113 (Amarante) e 114 (Santa Marta de Penaguião) 111

Fig.39 – Último troço da sugestão proposta pelo presente estudo implantado na carta militar nº114 (Santa Marta de Penaguião) 112

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Brasões e referências culturais de localidades Transmontanas 2
Quadro 2 – Brasões e referências culturais de Amarante e Vila Real.....3
Quadro 3 – Dimensões aconselháveis para alinhamentos rectos.....11
Quadro 4 – Limites dos raios das curvas circulares 12
Quadro 5 – Parâmetros das clotoídes 14
Quadro 6 – Análise do Traçado em Planta [11+981,75; 15+078,12].....17
Quadro 7 – Análise do Traçado em Planta [15+078,12; 16+083,61].....18
Quadro 8 – Análise do Traçado em Planta [16+083,61; 17+692,38].....19
Quadro 9 – Análise do Traçado em Planta [17+692,38; 18+838,13].....20
Quadro 10 – Análise do Traçado em Planta [18+838,13; 20+018,02].....21
Quadro 11 – Inclinações máximas permitidas para os traíneis 24
Quadro 12 – Extensão Crítica dos traíneis 24
Quadro 13 – Características das Concordâncias Convexas 24
Quadro 14 – Características das Concordâncias Côncavas 25
Quadro 15 – Análise do traçado em Perfil Longitudinal – km [12+000; 17+181,53] 25
Quadro 16 – Análise do traçado em Perfil Longitudinal – km [17+181,53; 19+964,59] 26
Quadro 17 – Análise da coordenação Perfil vs Planta – km [11+981,73; 14+801,75] 30
Quadro 18 – Análise da coordenação Perfil vs Planta – km [14+801,75; 17+298,40] 31
Quadro 19 – Análise da coordenação Perfil vs Planta – km [17+298,40; 19+194,37] 32
Quadro 20 – Análise da coordenação Perfil vs Planta – km [19+194,37; 19+847,55] 33
Quadro 21 – Análise de descontinuidades planares dos taludes [1;3].....67
Quadro 22 – Análise de descontinuidades planares dos taludes [4; 6.1N] 68
Quadro 23 – Análise de descontinuidades planares dos taludes [6.2N; 7] 69
Quadro 24 – Análise de descontinuidades planares dos taludes [8; 9.3].....70
Quadro 25 – Análise de descontinuidades planares dos taludes [10.1; 11].....71
Quadro 26 – Análise de descontinuidades planares dos taludes [12; 14.2].....72
Quadro 27 – Análise de descontinuidades planares do talude [14.3] 73
Quadro 28 – Resultados das sondagens a trado (Estudo Geológico-Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 75
Quadro 29 – Valores médios das ondas sísmicas [PS37; PS45], (Dados do Projecto Geológico-Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 78

Quadro 30 – Valores médios das ondas sísmicas [PS46; PS57], (Dados do Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 79

Quadro 31 – Valores médios das ondas sísmicas [PS58; PS68], (Dados do Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 80

Quadro 32 – Valores médios das ondas sísmicas [PS69; PS80], (Dados do Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 81

Quadro 33 – Valores médios das ondas sísmicas [PS81; PS83], (Dados do Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 82

Quadro 34 – Inclinações dos taludes (Dados do Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980), e tipo de desmonte 85

Quadro 35 – Inclinações dos taludes (Dados do Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980), e tipo de desmonte 86

Quadro 36 – Tabela de Classificação AASHO (Adaptado Norma E240 – 1970) 87

Quadro 37 – Resultados dos ensaios às amostras remexidas (Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 88

Quadro 38 – Resultados dos ensaios de Compactação (Dados do Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 89

Quadro 39 – Resultados do CBR (Dados do projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 91

Quadro 40 – Resultados dos ensaios de Los Angeles (Dados do Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15, 1980) 91

Quadro 41 – Brasões e referências culturais das localidades de Celorico de Basto e Mondim de Basto 100

Quadro 42 – Brasões e referências culturais das localidades de Baião, Mesão Frio, Santa Marta de Penaguião e Peso da Régua 101

Quadro 43 – Limites dos elementos geométricos para a definição de um traçado com uma V_B=100Km/h (in *Normas de Traçado da JAE*, P3-91) 104

Quadro 44 – Limites dos elementos geométricos para a definição de um perfil longitudinal com uma velocidade de tráfego de 120Km/h (in *Normas de Traçado da JAE*, P3-91) 104

Quadro 45 – Elementos geométricos da planta do novo traçado proposto 108

Quadro 46 – Elementos geométricos do perfil longitudinal do novo traçado proposto 109

ÍNDICE DE FOTOS

Foto nº1 – Vale do Rio Marão 4
Foto nº2 – Parque do Corgo 12
Foto nº3 – Zona Industrial 12
Foto nº4 – Teatro Municipal de Vila Real 12
Foto nº5 – Parque do Corgo, com Shopping e Teatro Municipal ao fundo 12
Foto nº6 – Vale do Rio Marão (IP4, indicado com seta amarela) 13
Foto nº7 – Encosta Sul do Vale do Rio Marão 13
Foto nº8 – Vista parcial do troço do IP4 em estudo neste trabalho a partir da EN15 a sul 14
Foto nº9 – Vestígios do incêndio dos anos 80 16
Foto nº10 – Mancha de Pinhal Bravo vs Vestígios do incêndio da década de 80 16
Foto nº11 – Zona de Floresta Antiga 16
Foto nº12 – Área de matos (Zona Sul do IP4) 16
Foto nº13 – Instalações das Águas do Marão 17
Foto nº14 – Parque Eólico Pena Suar 17
Foto nº15 – Freguesia de Ansiães no sopé da encosta 17
Foto nº16 – Fotografia panorâmica do Vale do Rio Marão 17
Foto nº17 – Mancha de Pinhal Bravo 18
Foto nº18 – Campos de Cultivo 18
Foto nº19 – Paisagem Natural 19
Foto nº20 – Mancha de Pinus Syslvestris 19
Foto nº21 – Freguesia de Ansiães, ao cimo o IP4 19
Foto nº22 – Zona final do troço 19
Foto nº23 – Fonte de água na EN15 20
Foto nº24 – Viaduto sobre uma linha de água 20
Foto nº25 – Vista Satélite do IP4, com a maior linha de água e respectiva bacia em destaque (www.googlearth.com, Novembro 2007) 21
Foto nº26 – Curva ao Km 11+981,75 (R=130,0m) 37
Foto nº27 – Situação de Curva – Contra Curva 37
Foto nº28 – Troço ao Km 75+000 41
Foto nº29 – Troço ao Km 76+500 41
Foto nº30 – Troço ao Km 74+000 42
Foto nº31 – Túnel do Ordovícico del Fabar 53

Foto nº32 – Aspecto da construção do Túnel 53
Foto nº33 – Aspectos dos Taludes de Granito 73
Foto nº34 – Arenização dos Taludes 73
Foto nº35 – Vista este do Parque Eólico de Pena Suar 100
Foto nº36 – EN304, acesso a Mondim de Basto através do IP4 100
Foto nº37 – EN210, acesso a Celorico de Basto 100
Foto nº38 – EN101 102
Foto nº39 – Parque Eólico, perto de Teixeira (Concelho de Baião) 102

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

R – Raio da Curva Circular [m]

V_B – Velocidade Base [Km/h]

f_t – Coeficiente de atrito

Se - Sobrelevação

A – Parâmetro da clotoíde [m]

r – Raio da clotoíde em cada ponto [m]

l – Extensão medida do ponto de raio = ∞ até aquele que apresenta raio r [m]

j – Variação da aceleração centrífuga [m^3/s]

n – Coeficiente dependente do nº de vias (=1)

ε - Inclinação longitudinal do bordo exterior da faixa de rodagem em relação ao eixo (0,5%)

L – Extensão global da clotoíde [m]

Q – Caudal da linha de água [m^3/s]

A – Área da bacia drenada [ha]

C – Coeficiente de escoamento

I – Intensidade de precipitação para um período de retorno [mm/h]

t – Duração da chuvada [min]

L – Comprimento da linha de água [m]

ΔH – Diferença de cotas [m]

J – Perda de energia [m/m]

S – Área de secção [m^2]

R_H – Raio Hidráulico [m]

y_c – Altura crítica [m]

g – Aceleração da gravidade [m/s^2]

U – Velocidade da água [m/s]

Φ - Ângulo de atrito [º]

Q – Capacidade de carga de uma estaca [kgf/cm^2]

M – Peso do pilão ≈ 10N

P – Peso das varas e batente ≈ 10N

S – Secção transversal da barra [cm^2]

H – Altura de queda do pilão [cm]

E – Penetração unitária por pancadas [cm]

N (SPT) – Número de pancadas do SPT

IG – Índice de grupo

W_{nat} – Teor de água natural [%]

$W_{ópt}$ – Teor de água óptimo [%]

$\gamma_{dmáx}$ – Peso volúmico máximo [%]

F – Força registada no provete para a penetração desejada

UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

AUIP4 – Associação de Utilizadores do IP4

JAE – Junta Autónoma de Estradas

IBA – Important Bird Area

ZCI – Zona Centro Ibérica

ZGTM – Zona Galiza Trás-os-Montes

Cl – Clorite

Mo – Moscovite

Fk – Feldspato Potássico

Qz – Quartzo

Bi – Biotite

Op – Opaco

Ser – Sericite

Tit – Titanite

And – Andaluzite

Cor – Cordierite

Tu – Turmalina

Zr – Zircão

Ab – Albite

N // - Nícons paralelos

N + - Nícons Cruzados

W_i – Classificação Weathering [W_1 – W_5]

PDL – Dynamic Penetration

SPT – Standard Penetration Test

$\gamma\pi g$ – Rochas Graníticas

Sa – rocha Xistosa referente à Formação Santos

Ocd – Rocha Xistosa de idade Ordovícica

X – Xisto do complexo Xisto – Grauváquico

CBR – Californ Bearing Ratio

1

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1.1. OBJECTIVOS

A concretização de um projecto de uma qualquer via de comunicação, é um processo complexo que, para além de exigir a participação de um elevado número de pessoas, estas constituam uma equipa bastante heterogénea no que respeita à sua formação académica. A definição do traçado em planta e em perfil é apenas efectuada após uma avaliação da zona alvo, ao nível de determinados parâmetros, as condicionantes à escolha de um traçado. Esses condicionalismos vão desde a topografia do terreno, à hidrologia, impacte ambiental, económico-social, entre outros. Apenas a experiência e o bom senso fazem com que seja implantada no terreno uma solução que cumprindo os objectivos de propiciar uma circulação segura e cómoda para os utentes, seja simultaneamente económica para o dono de obra e não tenha impactes negativos nas populações dos terrenos envolventes.

O presente trabalho, estuda em particular o caso do IP4, vinte anos depois da sua inauguração e numa altura em que se elaboram os projectos conducentes à construção do lanço da A4 que ligará Amarante a Vila Real. A envolvente do itinerário será avaliada segundo os condicionalismos presentes num projecto de vias, de modo a fornecer uma visão geral do local em questão, e das dificuldades presentes na implantação do traçado. Os condicionalismos geológico-geotécnicos, serão aqui alvo de um estudo mais pormenorizado, incluindo trabalho de campo e laboratório para a caracterização geológica da zona, bem como a avaliação do actual estado de estabilidade dos taludes do troço em estudo, e rectro-análise dos ensaios presentes no projecto. Tendo por base todo o trabalho anteriormente realizado, tentar-se-á propor um novo traçado, para o troço em estudo do itinerário, e comparar as suas vantagens e desvantagens perante o actual trajecto.

1.2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E CULTURAL

Atravessando a região Nordeste do território Português, o Itinerário Principal nº4, pode ser considerado como a "Via Ápia" de Trás-os-Montes. Com esta via desvaneceu-se a ideia de que Trás-os-Montes era um rincão português mais ou menos entregue a si próprio e à sua sorte. Até à data da sua construção, esse território continuava a ser, para a maioria das pessoas, um amontoado de pedras apenas célebre pela amplitude térmica, merecedora do provérbio: "Em Trás-os-Montes, nove meses de Inverno, três meses de Inferno"[69].

Note-se ainda que as referências são dirigidas particularmente à zona a nascente de Amarante, onde o IP4 não tem, ainda, o perfil de auto-estrada. A A4 (Matosinhos – Amarante) integra o IP4, daí que se considere, dada a rapidez do percurso entre os pontos extremos, que o tráfego oriundo de nordeste "como que chega ao litoral quando atinge Amarante".

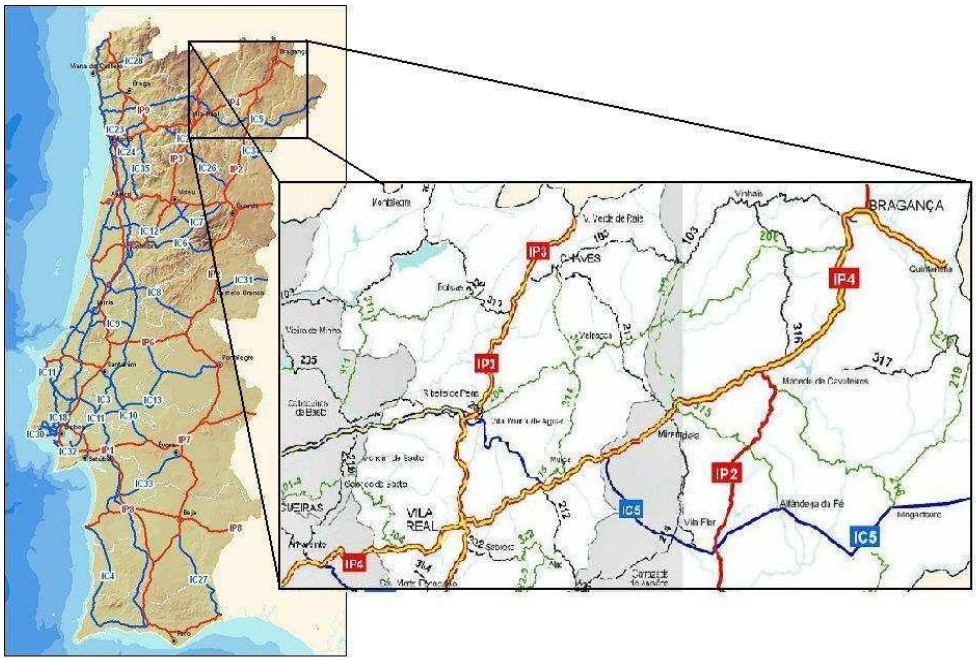


Fig.1 – Rede de Estradas de Portugal [82] (Adap. www.iep.pt , Setembro de 2007)

Dando a conhecer Trás-os-Montes ao mundo, essa via aproximou do litoral português, a partir da bela cidade "Ante-Maranûm" (nome dado pelos romanos à cidade de Amarante), cidades como Vila Real, a Vila de Murça, Mirandela, Macedo de Cavaleiros ou Bragança. Foi assim destronado o provérbio:"Para lá do Marão mandam os que lá estão.".

Quadro 1 - Brasões e referências culturais de localidades Transmontanas [78], [79], [80], [81]

			
- Solar dos Condes de Murça - Porca de Murça - Ponte Velha	- Igreja Matriz séc.XVI - Vestígios de Fortaleza Medieval - Ponte Velha séc.XVI - Palácio dos Távora	- Solares do séc.XVII e séc.XVIII - Santuário da Sr.ª de Balsemão - Santuário de Santo Ambrósio	- Cidadela - Domus Municipalis - Castelo (o mais bem conservado) - Museu do Abade Baçal

Do itinerário principal em destaque no presente trabalho, serão analisados cerca de 8 quilómetros de via, na zona sem perfil de auto-estrada, situados entre as localidades de Amarante e Vila Real, mais precisamente do Km70+600 ao Km78+600. Este troço, enquadra-se nas folhas nº113 (Amarante) e nº114 (Santa Marta de Penaguião) da Carta Militar de Portugal, à escala 1:25.000.

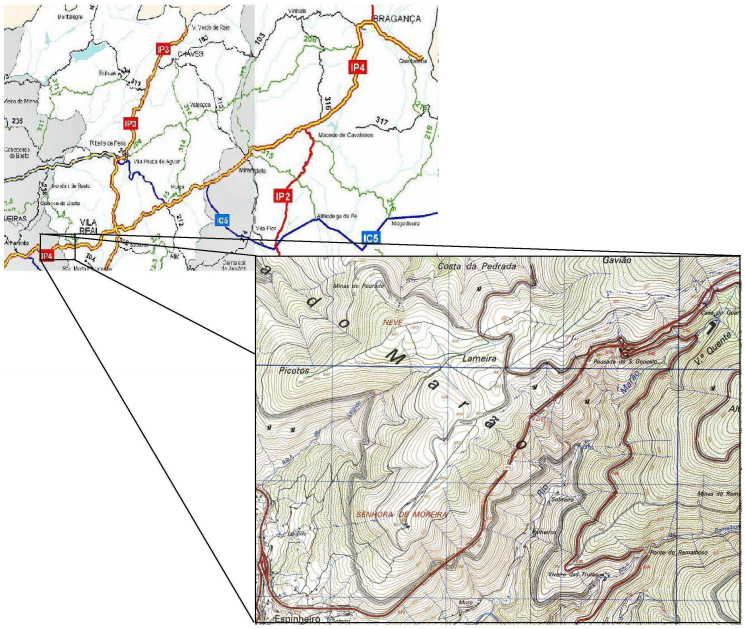


Fig.2 – Troço Amarante - Vila Real, IP4

Quadro nº2 – Brasões e referências culturais de Amarante e Vila Real [76], [77]

- Ponte de São Gonçalo	- Solar de Mateus
- Mosteiro de São Gonçalo	- Jardim Botânico da UTAD
- Solar dos Magalhães	- Parque Natural do Alvão
- Casa de Pascoais	- Casa de Diogo Cão
- Mosteiro de Santa Clara (séc.XIII)	- Santuário de Panóias
- Museu Amadeo de Souza-Cardoso	- Igreja de São Domingos/Sé de Vila Real
- Igreja de São Pedro	- Museu de Geologia da UTAD

A concepção e construção deste troço de estrada de montanha, constituiu um verdadeiro braço de ferro entre Homem e Natureza. O Itinerário Principal nº4 destronou esse gigante Adamastor feito com cabeça de xisto e corpo de granito, a que damos o nome de **Serra do Marão**.

A Serra do Marão é a sexta maior elevação de Portugal Continental com 1415m de altitude, sendo o seu ponto mais alto conhecido como Senhora da Serra [83]. Ao longo da Serra encontram-se diversas instalações de minas abandonadas da exploração de volfrâmio e de ferro que tiveram o seu auge entre as décadas de 30 e 50 do séc.XX.

Durante muitos anos, até à construção do IP4, esta Serra constitui um autêntico muro que impediu o progresso do interior transmontano, pois a velha EN15 era aqui uma estrada de montanha sinuosa e muito inclinada com muito locais de difícil ultrapassagem e com longos tempos de circulação.



Foto nº1 – Vale do Rio Marão

1.3. OS 20 ANOS DE HISTÓRIA DO IP4

"O primeiro-ministro, Prof. Cavaco Silva, esteve em Amarante, depois de ter inaugurado o troço do Marão do IP4 – Itinerário Principal Porto/Bragança – no passado sábado, 17 de Dezembro" – Jornal de Amarante, 21 de Dezembro de 1988.[25]

"O troço do Marão do Itinerário Principal (IP4) – que ligará Porto a Bragança – é considerado a obra mais significativa da engenharia portuguesa depois da construção da Ponte 25 de Abril, em Lisboa, tal as dificuldades que apresentava e os recursos a que teve de socorrer-se para a sua realização." – Jornal de Amarante, 21 de Dezembro de 1988. [25]

Foi a 17 de Dezembro de 1988, que o Homem ganhou a luta contra a Serra, abrindo assim com chave de ouro as Portas de Trás-os-Montes.

O projecto iniciado na década de 70, constituiu um dos maiores desafios da engenharia rodoviária portuguesa até então. O atravessamento da Serra do Marão visava vencer a difícil topografia, aliada à existência de numerosos cursos de água permanentes e temporários, destronar os maciços de granito e xisto, e coadunar todo um projecto por modo a não ferir a bela mancha vegetal que cobria a Serra do Marão de então.

"Suor" caracterizou a sua concepção e construção, "Sangue e lágrimas" caracterizariam os seus 20 anos de História.

Desde o dia da sua inauguração, o IP4 abriu por várias vezes os noticiários de todos os canais portugueses, e por inúmeras vezes foi manchete nos principais jornais. Quase todas as vezes que isso acontecia, sangue corria pelo pavimento do itinerário.

Depressa este troço de estrada do nordeste português chamou a atenção da população, tornando-se num dos pontos negros no mapa de estradas de Portugal.

A elevada taxa de acidentes com vítimas mortais, depressa levou a um relacionamento de "amor-ódio", entre a população local e a estrada, que se por um lado era necessária para o desenvolvimento da sua terra, também lhes tirava de forma desumana os seus entes queridos. Neste cenário, foi constituída a **Associação de Utilizadores do IP4 – AUIP4**, com o intuito de dar voz a todos aqueles que anseavam por uma rota mais segura para o Nordeste.

Os dados estatísticos apresentados nas Figs. 3 a 6 são referentes ao número de acidentes com vítimas, mortos, feridos graves e ligeiros relativos ao período 1993-2005.

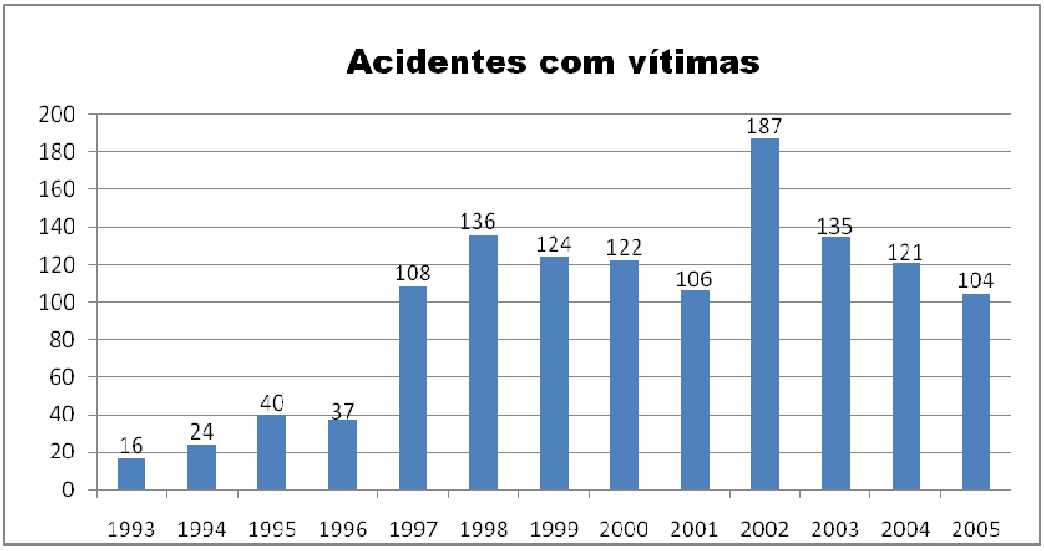


Fig.3 – Registo do número de acidentes com vítimas (AUIP4, 2006)

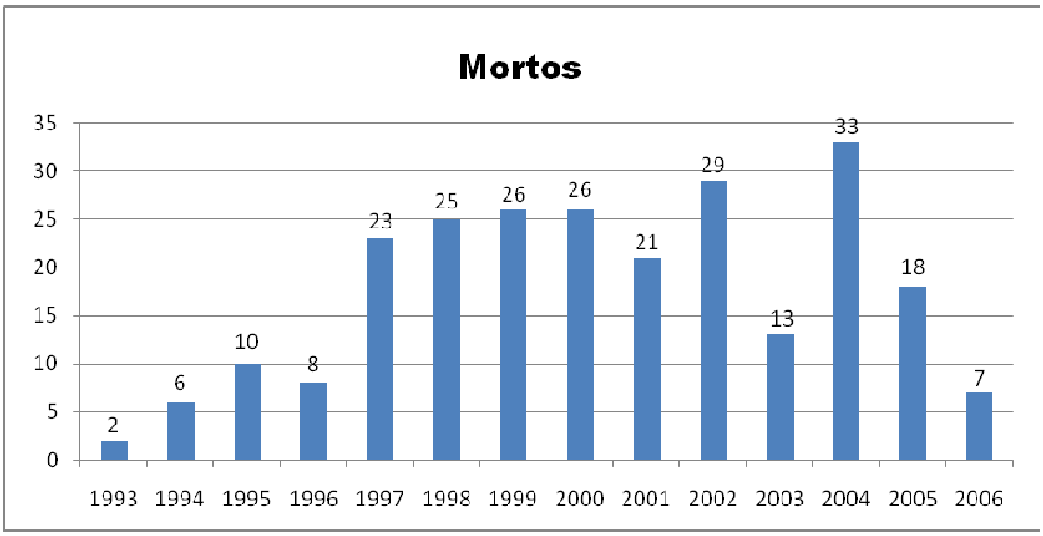


Fig.4 – Registo do número de mortos (AUIP4, 2006)

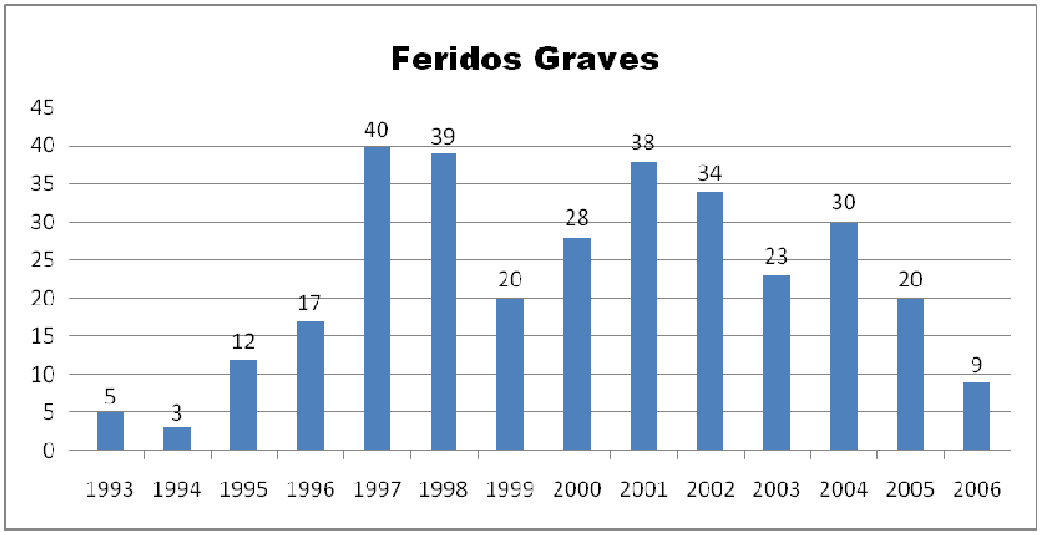


Fig.5 – Registo do número de feridos graves (AUIP4, 2006)

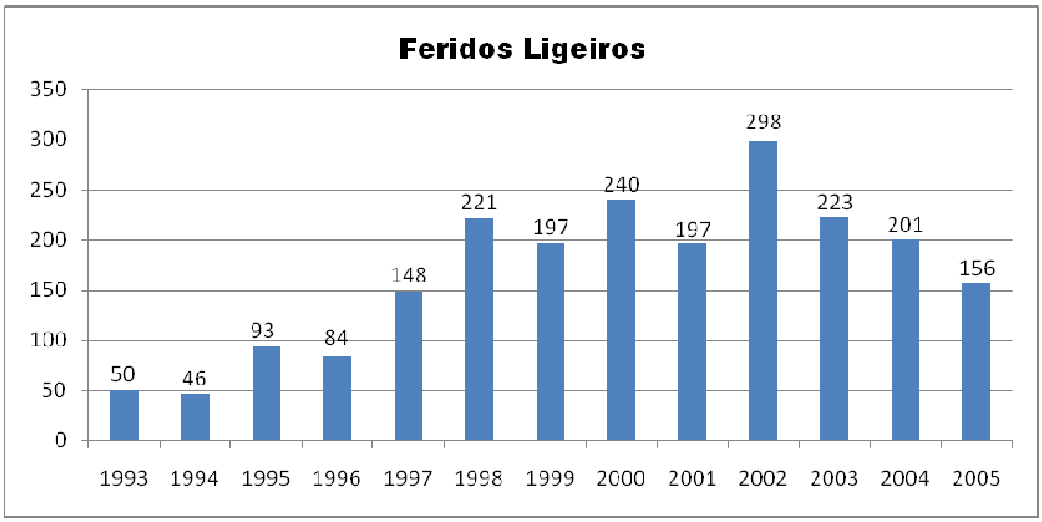


Fig.6 – Registo do número de feridos ligeiros (AUIP4, 2006)

Após uma breve análise dos gráficos apresentados, verifica-se que entre 1997 e 2004 existiu uma enorme incidência de acidentes com vítimas mortais e feridos graves. Esta tendência de aumento é contrariada a partir do ano de 2005, ano em que se regista um decréscimo em todas as taxas analisadas.

Apesar da evolução positiva nos últimos anos analisados, é de importância relevante fixar o número de **251 mortos** registados neste itinerário nos **14 anos** de vida analisados.

Tal como foi anteriormente referido, foi verificada a partir do ano de 2004 um decréscimo da sinistralidade no IP4. É de referir que o itinerário foi nesse ano alvo de um conjunto de intervenções a nível de sinalização e pavimentação, no sentido de diminuir os trágicos números que o caracterizavam.

A aplicação da arte da engenharia rodoviária, traduziu-se na colocação de baias direccionais nas curvas com maior sinistralidade, colocação de balizas de sinalização no eixo da via, tornando mais visíveis os contornos das faixas de rodagem, e ainda um reforço de pavimentação com aglomerado rugoso para melhorar as condições de aderência dos veículos em piso molhado. Com efeito a sinistralidade tem vindo a diminuir desde então.

***"O Itinerário Principal 4 (IP4) que liga Amarante a Bragança será transformado em auto-estrada até 2012. A garantia foi dada ontem pelo primeiro- ministro José Sócrates, durante o segundo dia da iniciativa "Governo Presente"".* – Diário de Notícias, 25 de Junho de 2007 [87]**

Estampa 1 – Algumas imagens fornecidas pela AUIP4, relativas a diversos sinistros ocorridos no troço em estudo neste trabalho

ESTAMPA 1











2

CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO, SEGUNDO AS CONDICIONANTES INERENTES AO PROJECTO DE VIAS DE COMUNICAÇÃO

2.1. CONDICIONANTES ECONÓMICO-SOCIAIS

Um dos principais objectivos da construção ou da rectificação de uma determinada via de comunicação, é permitir uma melhor e mais rápida mobilização de bens, pessoas e serviços, entre determinados pontos do país. Normalmente tais factores traduzem-se num desenvolvimento mais célere das localidades intersectadas pela via. As comunicações constituem por isso um elemento imprescindível para sustentar o crescimento económico-social de uma qualquer localidade.

A construção do IP4, em particular a construção do troço em estudo, afectou essencialmente o desenvolvimento económico-social da cidade de Vila Real. Esta cidade transmontana, sede de concelho e capital de distrito, já anteriormente havia beneficiado com a abertura da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (1986), que constituiu um dos pontos forte na economia local.

Esta capital de distrito conheceu ao longo dos últimos anos uma melhoria significativa do seu posicionamento geoestratégico, assumindo as funções de plataforma giratória dos principais fluxos de transporte rodoviário proveniente do Litoral e o interior Norte e Centro. A existência de vias rápidas que confluem na cidade tornaram possível a oferta do seu solo industrial para a instalação de grandes empresas logísticas e de indústria agro-alimentar [1]. Foram registados nos últimos anos níveis de desenvolvimento acima da média portuguesa e igualmente superiores aos alcançados pelo resto dos territórios – municípios e regiões do Interior Norte do país. Este centro cresceu quatro vezes mais que a média do país, e duas vezes mais do que os outros 3 centros urbanos do Interior Norte [2].

Vila Real, com os seus mais de 50.000 habitantes, foi o concelho que conheceu a mais forte progressão nos últimos 15 anos, em termos de demografia, na criação de empregos e de novas empresas [77]. A intervenção do Programa Polis em muito beneficiou o cenário da cidade com a construção de estruturas de lazer, tais como o Teatro Municipal, a requalificação do Parque do Corgo e a revitalização da Vila Velha, entre outras intervenções de beneficiação da cidade.

No entanto, apesar de todo o desenvolvimento registado desde a abertura do IP4, esta cidade constitui ainda uma das regiões economicamente mais débeis a nível nacional.

A implantação do itinerário, perto das instalações das Águas do Marão, beneficiou as mesmas de melhores acessibilidades, o que, não afectando negativamente as suas captações, permitiu reduções dos custos de transporte.



Foto nº2 – Parque do Corgo



Foto nº3 - Zona Industrial



Foto nº4 – Teatro Municipal de Vila Real



Foto nº5 – Parque do Corgo, com Shopping e Teatro Municipal ao fundo

2.2.CONDICIONANTES TOPOGRÁFICAS

O sector onde se encontra o troço em estudo, atravessa a todo o seu comprimento a zona Noroeste da Serra do Marão.

A Serra do Marão conhecida por ser o sexto ponto mais alto do país, prolonga-se para Oeste do marco geodésico do Alto da Freita (cota 1314m); dos seus pontos mais altos destacam-se: o Alto de Espinho (por onde o actual itinerário passa) com 1054m, Pena Suar com 1200m de altitude, seguindo-se as Fragas da Ermida com 1400m, e finalmente a Senhora de Serra com os 1415m que tornam esta serra numa das mais altas de Portugal [83] [84].

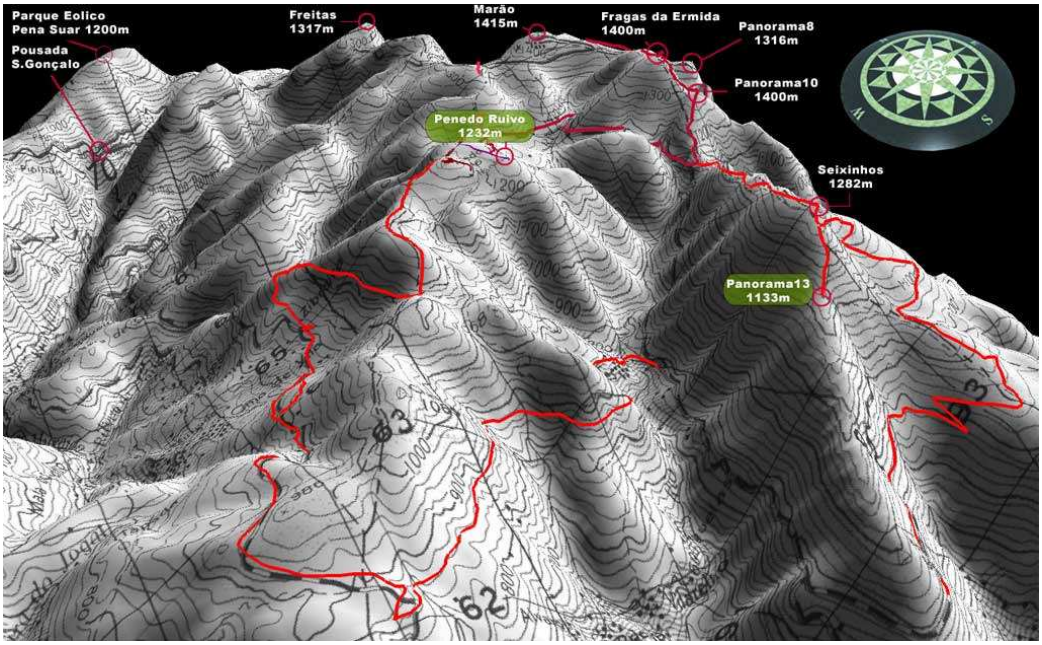


Fig.7 – Esquema Topográfico da Serra do Marão [85] (www.360portugal.com, Setembro 2007)

O traçado percorre uma zona de encosta de relevo difícil. As zonas xistentas mais a norte caracterizam-se por vales apertados e relevos bastante sinuosos, ao contrário das zonas graníticas mais a sul, em que os vales são mais amplos e abertos [31].

Os vales na zona oeste e norte (do local em estudo), os troços iniciais das linhas de água são em geral mais encaixadas, originando progressivamente vales mais largos; o Vale do Rio Marão é um dos exemplos deste tipo de situação. [33]



Foto nº6 – Vale do Rio Marão (IP4, indicado com seta)



Foto nº7 – Encosta Sul do Vale do Rio Marão



Foto nº8 – Vista Parcial do troço do IP4 em estudo neste trabalho a partir da EN15 a Sul

O troço de 8Km em análise, atravessa logo no início um pequeno curso de água, conhecido como Ribeira do Leigido, continua o seu percurso atravessando a encosta sul do Vale do Rio Marão, e termina nas imediações do promontório do Alto de Espinho. Ao longo do traçado são registadas muitas variações a nível altimétrico, algumas de importância relevante, explicadas em parte pela existência de cursos de água e que obrigaram à construção de viadutos de dimensão considerável. De referir que em 8Km de estrada são vencidos cerca de 500m de diferença altimétrica, em que o ponto mais baixo do traçado possui uma cota de 521,16m atingindo o seu ponto mais elevado uma cota de 1012,15m [15].

Segue-se um esquema representativo da relação da topografia do terreno, em relação ao troço em análise.

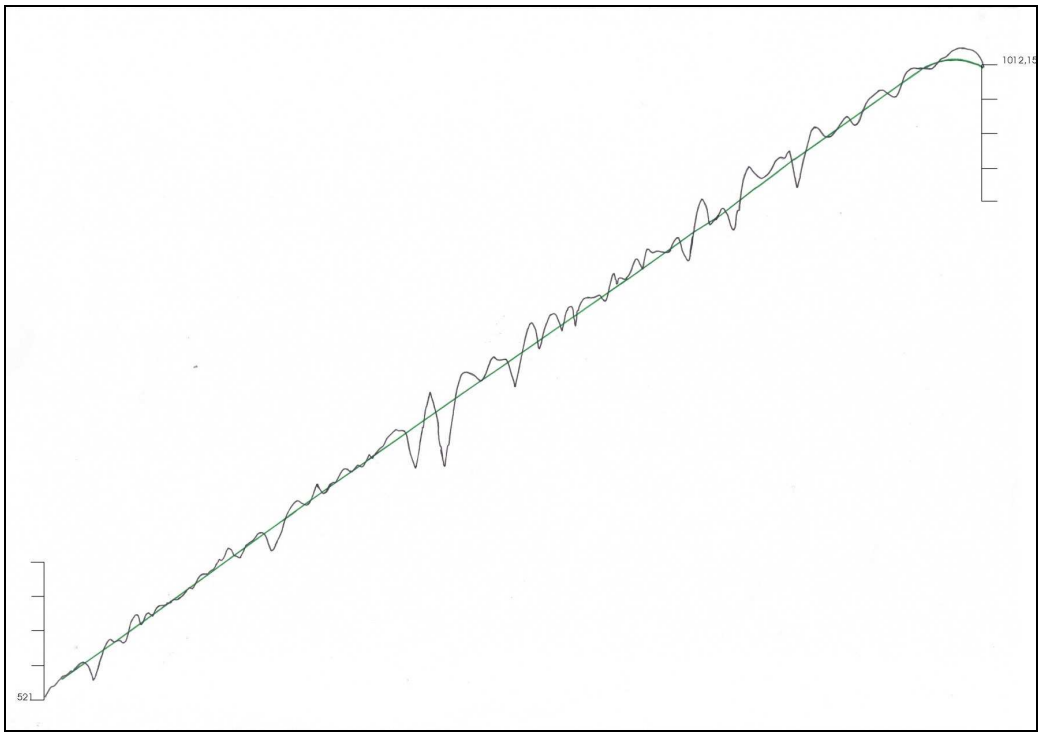


Fig.8 – Topografia do troço em estudo neste trabalho, baseado nas peças desenhadas do projecto, a linha verde representa a rasante.

2.3.CONDICIONANTES DE IMPACTE AMBIENTAL

O troço em análise encontra-se inserido no Sítio Alvão – Marão classificado como Rede Natura 2000. A sua inserção na lista nacional de sítios com este estatuto deve-se ao elevado valor ecológico da região quer a nível da flora como da fauna. Salienta-se ainda a proximidade do Parque Natural do Alvão, a cerca de 12 km a norte do itinerário. Este parque criado em 1983 tem por objectivo contribuir para a diversidade biológica e conservação e manutenção do equilíbrio entre as diferentes formas de vida da fauna selvagem [90] [91].

Contrariando a cor verde que predomina nas paisagens da zona em questão, existem ainda vestígios de um enorme incêndio que ocorreu na década de 80 e de um outro ocorrido na presente década, e que em muito alteraram os ecossistemas presentes no local. É de destacar ainda a pouca intervenção humana na zona em destaque, uma vez que apenas se regista a presença do homem nos primeiros dois quilómetros analisados.

A mancha florestal presente nesta área é maioritariamente constituída por pinheiros-bravos; porém, à medida que se caminha para locais de cota mais elevada, estes dão lugar a outro tipo de vegetação constituída em grande parte por urze, carqueja e giestas [92].

Além da elevada diversidade florística da região são também identificadas várias espécies de animais nestas encostas da Serra do Marão. Esta é uma região que, dadas às suas características hidrológicas, contribui para a fixação de algumas espécies de anfíbios, podendo mesmo ser encontrados endemismos ibéricos, tais como: a salamandra-lusitânia e a rã-ibérica. De entre os mamíferos existentes é de destacar a presença do lobo-ibérico, classificado como Espécie em Perigo de Extinção [88] [93].

Apesar da grande diversidade de espécies noutras comunidades faunísticas é na avifauna que se regista o número mais elevado de espécies. Pode nesta região ser registada a presença de mais de 100 espécies de aves, destacando-se a Águia-Real, umas das maiores espécies de rapina possuidora do estatuto de Espécie em Perigo, a rola comum, o dom-fafe, o tartaranhão azulado e o tartaranhão caçador [89] [93].

Falta ainda referir outras espécies referentes a outras classes faunísticas para uma mais completa caracterização da zona em estudo, assim como uma mais detalhada pormenorização do local a nível florístico. No entanto tudo o que foi atrás referido, considera-se representativo da diversidade ecológica da zona em estudo.



Foto nº9 – Vestígios do incêndio dos anos 80



Foto nº10 – Mancha de Pinhal Bravo vs Vestígios do incêndio da década de 80



Foto nº11 – Zona de Floresta Antiga, EN15



Foto nº12 – Área de Matos (Zona Sul do IP4)

Localizam-se nesta zona da Serra alguns equipamentos colectivos de importância relevante, o Parque Eólico Pena Suar, e as instalações da Fábrica das Águas do Marão. O parque eólico em questão, situado a norte do itinerário, sobre a cumeeira, tendo vindo a aumentar o número de aerogeradores nos últimos anos, visto haver um forte investimento nas energias renováveis, e este local se mostrar favorável à instalação dos mesmos.

As instalações da Fábrica das Águas do Marão, nas imediações da EN15, têm as suas nascentes localizadas a sul do traçado, não havendo quaisquer registos de interferência deste na produção da fábrica.



Foto nº13 – Instalações das Águas do Marão



Foto nº14 – Parque Eólico Pena Suar

2.4.OCUPAÇÃO DO SOLO

São identificados, na zona em estudo, três tipos de ocupação: Ocupação florestal; Ocupação agrícola; Ocupação social.

A zona em análise é predominantemente uma área que se caracteriza pela ocupação florestal. Tal como foi referenciado anteriormente na componente de impacte ambiental são englobadas na zona, áreas de pinhal e áreas de mato de urze e carqueja [92].

Regista-se, logo no inicio do troço, uma zona de ocupação social, numa cota mais baixa que a do itinerário; trata-se de Ansiães, umas das freguesias limítrofes do concelho de Amarante. Esta, é uma pequena aldeia, da Serra do Marão, com alguma expressão a nível populacional. É nas imediações desta freguesia, que se encontram os únicos terrenos com ocupação agrícola, caracterizada por pequenos campos hortícolas e pomares de árvore de fruto tratando-se sobretudo de uma agricultura de subsistência, mantida essencialmente com técnicas tradicionais.



Foto nº15 – Freguesia de Ansiães no sopé da encosta



Foto nº16 – Fotografia panorâmica do Vale do Rio Marão



Foto nº17 – Mancha de Pinhal Bravo



Foto nº18 – Campos de Cultivo

2.5.CONDICIONANTES PAISAGÍSTICAS

Este tipo de condicionantes apesar do seu carácter subjectivo na sua qualificação é importante na relação que se desenvolve entre as populações e a obra propriamente dita. A caracterização da paisagem de uma dada área é realizada, tendo por base conceitos, vulgarmente utilizados na área: tipo de paisagem; valor cénico; capacidade de absorção visual da paisagem; acessibilidade visual [31] [33].

O tipo de paisagem é definido em função da ocupação existente no local em análise, podendo ser classificada como agrícola, florestal, social, etc…O valor cénico entra já no campo subjectivo inerente a este tipo de condicionantes, dependendo maioritariamente da relação do observador com a paisagem. A capacidade da paisagem em integrar os elementos que irão ser implantados na área é definida como absorção visual. A aptidão que a região possui em absorver os novos elementos integrados pela obra na paisagem sem que o seu valor cénico seja afectado é definida como sensibilidade visual. O conceito de acessibilidade visual relaciona a componente humana face aos locais em questão.[31] [33]

A zona alvo da caracterização paisagista é uma zona de montanha. São predominantes nesta área os pinheiros bravos, os inúmeros matos de giestas, urze e carqueja em cotas mais elevadas, sendo identificada em redor das zonas com população áreas agrícolas [88]. Os tipos de paisagem aqui presentes são maioritariamente de ocupação florestal e agrícola, como já havia sido referido anteriormente.

A paisagem florestal, identificada na zona mais a nordeste em estudo é essencialmente constituída por pinheiros-bravos. É uma paisagem com acessibilidade visual reduzida, uma sensibilidade visual moderada, e uma capacidade de absorção visual também moderada.

A zona sul em estudo é predominantemente agrícola envolvente das populações aí existentes. Esta área caracteriza-se por uma capacidade visual reduzida, uma sensibilidade visual elevada e uma acessibilidade visual moderada, apesar da elevada intervenção humana na paisagem, esta apresenta um elevado valor cénico.

A zona não intervencionada sob o ponto de vista humana, é a paisagem dominante na envolvente do troço analisado. Desta paisagem faz parte o Rio Marão ainda considerado como um curso de água selvagem, que neste local dá origem a um enorme vale com linhas de água encaixadas e encostas bastante íngremes ocupadas por vegetação rasteira. A acessibilidade visual é elevada, a capacidade de absorção visual é reduzida e sensibilidade visual é elevada, trata-se de uma paisagem com um elevado valor cénico.[31] [33]



Foto nº19 – Paisagem Natural



Foto nº20 – Mancha de Pinhal Bravo



Foto nº21 – Freguesia de Ansiães, ao cimo o IP4



Foto nº22 – Zona final do troço

2.6.CONDICIONANTE HIDROLÓGICAS

A localização dos recursos de água permanentes ou temporários é relevante dado que o sólido da estrada deverá permitir o escoamento dos caudais através de passagens hidráulicas enterradas. Isto implica que a rasante tenha de ter altura suficiente sobre o terreno para permitir o encaixe dos afluentes.

A Serra do Marão, na zona onde se insere o troço analisado, possui nas suas encostas um elevado número de cursos de água, quer permanentes quer temporários. Essas linhas de água apresentam uma forte inclinação; este factor associado à forte pluviosidade sentida na estação de Inverno, faz com que sejam observadas enxurradas. Além da água que corre à superfície, é importante referir o facto de o subsolo da Serra é rico em lençóis de freáticos, é frequente ao longo do percurso da EN15 encontrar nascentes de águas nas bermas.



Foto nº23 – Fonte de água na EN15



Foto nº24 – Viaduto sobre uma linha de água

Apesar do elevado número de cursos de água que atravessam o IP4 por baixo de viadutos (tal como é visível na fotografia acima), são também inúmeras as passagens hidráulicas possíveis de observar no itinerário. Com o objectivo de fornecer apenas uma dimensão aproximada das ditas passagens, proceder-se-á um cálculo aproximado do diâmetro dessas condutas. Será alvo de dimensionamento a maior linha de água presente no troço em estudo.

Para o cálculo do caudal da linha em questão, será utilizado o Método Racional:

$$Q = \frac{K \times C \times I \times A}{360} \quad (2.1)$$

A – Área da bacia drenada (ha);

K = 1,2 – para um período de retorno de 50 anos;

C – Coeficiente de escoamento;

I – Intensidade de precipitação para um período de retorno (mm/h);

Q – Caudal da linha de água (m^3/s);

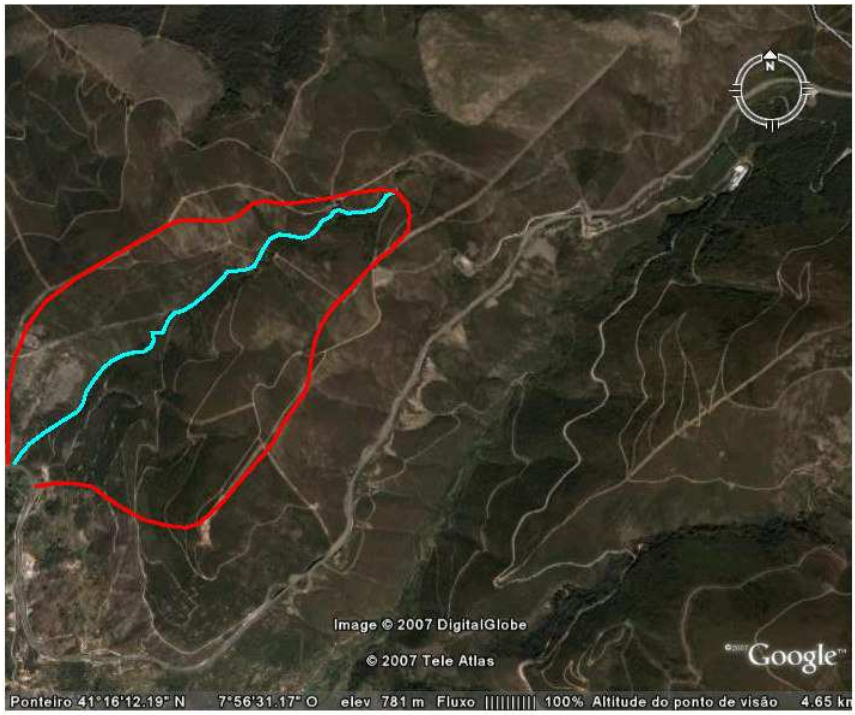


Foto nº25 – Vista Satélite do IP4, com a maior linha de água e respectiva bacia em destaque (www.googlearth.com, Novembro 2007) [103]

Cálculos auxiliares:

Coeficiente de escoamento: tendo em conta o terreno bastante acidentado, com bastante vegetação, e pouca capacidade de armazenamento, é considerado que: C=0,45.

Cálculo da Intensidade de Precipitação (Curva I-D-F):

$$I = a \times t^{b} \quad (2.2)$$

t – Duração da chuvada, pela fórmula de Temez:

$$t_c = \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76} \times 0,3 \quad (2.3)$$

L – Comprimento da linha de água (Km);

$$J = \frac{\Delta H}{L} = \frac{1007 - 528}{2800} = 0,171 m/m$$

$$t_c = \left(\frac{2,8}{0,171} \right)^{0,76} \times 0,30 = 0,92 horas \approx 55,2 \min$$

Para um período de retorno de 50 anos: a = 495,54 ; b = -0,568;

$$I = 495,54 \times 55,2^{-0,568} = 50,8 mm/h$$

$$Q = \frac{1,2 \times 0,45 \times 50,8 \times 248}{360} = 18,9 m^3 / s$$

O caudal obtido, apresenta uma velocidade bastante reduzida (U=0,8m/s), tendo em conta a respectiva inclinação média do terreno da bacia hidrográfica. Perante estes resultados é inevitável questionar a aplicabilidade da Fórmula de Temez para o presente caso.

Apresenta-se de seguida um pequeno raciocínio de cálculo, que tem por objectivo aproximar o tempo de concentração e respectivo caudal da rede hidrográfica, por um processo iterativo, do efectivamente observado.

Tendo em conta a secção da linha de água, e suas respectivas dimensões:

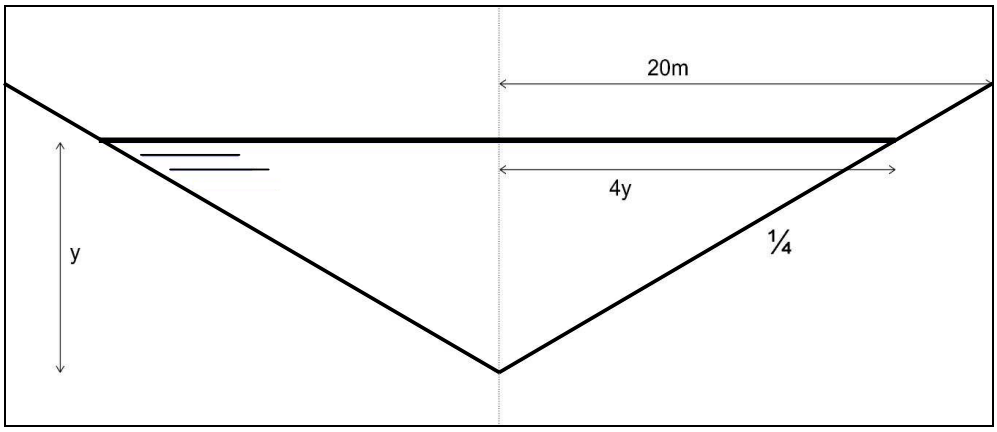


Fig.9 – Representação esquemática de linha de água em estudo

Área da secção: $S = \frac{y \times 8y}{2} = 4y^2 (m^2)$ (2.4)

Raio Hidráulico: $R_H = \frac{4y^2}{2\sqrt{17} \times y}$ (2.5)

Para o caudal anteriormente calculado, Q = 18,9m^3/s, vem que:

Admitindo que y = y_c, o valor da altura crítica é dado por:

$$y_c \rightarrow \frac{Q^2 \times L}{g \times S^3} = 1 \quad (2.6)$$

$$\frac{18,9 \times 8 y_c}{g \times 64 y_c^6} \Leftrightarrow y_c = 1,35 m$$

Tendo em conta a elevada inclinação do terreno o escoamento poderá ser caracterizado por um movimento rápido, logo y<y_c será admitida uma altura y=1,25m. O dimensionamento da secção permite o cálculo da velocidade e consequentemente do tempo de concentração, aqui posto em causa:

Área da secção: S = 6,25m^2;

Velocidade: $U = \frac{Q}{S} = \frac{18,9}{6,25} = 3m/s$;

Tempo de concentração: $t_c = \frac{L}{U} \Leftrightarrow t_c = \frac{2800}{3} = 933s \approx 16\min$;

O tempo de concentração obtido é drasticamente inferior, ao que resultou do raciocínio apresentado, cerca de menos 40 min, traduzindo-se também numa forte variação do caudal que foi inicialmente calculado:

Intensidade de precipitação: $I = 494,54 \times 16^{-0,568} = 102mm/h$;

Caudal: $Q = \frac{0,45 \times 102 \times 248}{360} = 31,6m^3/s$;

Prosseguindo com o processo iterativo, o novo caudal conduz a um novo valor da dimensão y_c:

$$\frac{Q^2 \times L}{g \times S^3} = 1 \Leftrightarrow \frac{31,6 \times 8y_c}{g \times 64y_c^6} = 1 \Leftrightarrow y_c = 1,65m;$$

Tomando y = 1,5m, a nova secção é, S = 9m^2;

Velocidade: $U = \frac{31,6}{9} = 3,5m/s$;

Tempo de precipitação: $t_c = \frac{2800}{3,5} = 800s \approx 13,5\min$;

Intensidade de precipitação: $I = 494,54 \times 13,5^{-0,568} = 113,6mm/h$;

Caudal: $Q = \frac{0,45 \times 113,6 \times 248}{360} = 35,2m^3/s$;

Novo valor da dimensão y_c:

$$\frac{35,2^2 \times 8y_c}{g \times 64y_c^6} = 1 \Leftrightarrow y_c = 1,73m;$$

Tomando y = 1,65m, S = 10,9m^2, será efectuada uma última iteração:

Velocidade: $U = \frac{Q}{S} = \frac{35,2}{10,9} = 3,2m/s$;

Tempo de precipitação: $t_c = \frac{2800}{3,2} = 875s \approx 14,6\min$;

Intensidade de precipitação: $I = 494,54 \times 14,6^{-0,568} = 108mm/h$;

Caudal: $Q = \frac{0,45 \times 108 \times 248}{360} = 33,5m^3/s$;

Após três iterações, apesar de ainda haver uma flutuação nos valores obtidos através deste processo, será adoptado o valor de 33,5m^3/s, para o caudal a utilizar no dimensionamento da passagem hidráulica.

Será utilizada para a construção da PH, uma box-culvert (secção quadrada). O seu dimensionamento seria normalmente efectuado usando a Fórmula de Mannig-Strickler, no entanto devido ao escoamento se caracterizar por um movimento rápido, o procedimento a usar será o seguinte:

Considerando a secção com uma base de 2,0m:

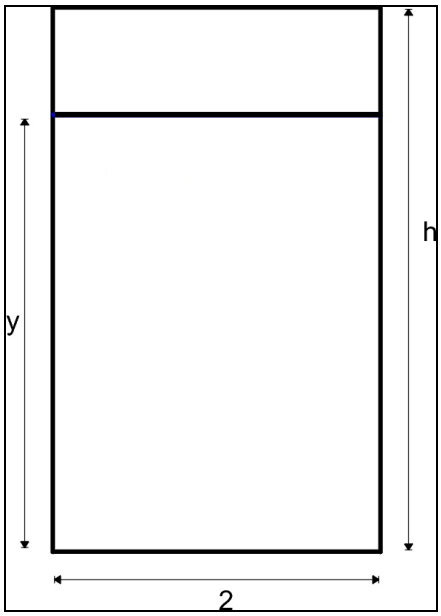


Fig.10 – Esquema representativo de uma Box-Culvert

$$\frac{Q^2 \times L}{g \times S^3} = 1 \Leftrightarrow \frac{33{,}5^2 \times 2}{10 \times 8 \times y_c} \Leftrightarrow y_c = 3m$$

Tomando a altura crítica igual à altura h, a dimensão final a adoptar para a box-culvert será 2x3m^2.

A velocidade de escoamento da linha de água, para a secção calculada é:

$$U = \frac{33{,}5}{6} = 5{,}6m/s$$

A velocidade praticada dentro da passagem hidráulica é extremamente elevada, não sendo de todo aconselhável a aplicação desta secção.

Será imposto um limite máximo para a velocidade de 4m/s, um valor aconselhado para este tipo de dimensionamento.

Tendo em conta a imposição máxima da velocidade, é necessário aumentar a secção da passagem hidráulica. Efectuam-se de seguida os cálculos para uma passagem de base 3,0m:

$$\frac{Q^2 \times L}{g \times S^3} = 1 \Leftrightarrow \frac{33{,}5^2 \times 3}{10 \times 8 \times y_c} = 1 \Leftrightarrow y_c = 3{,}5m$$

Tomando a altura crítica igual à altura h, a dimensão final a adoptar para a box-culvert será 3,5x3m^2.

A velocidade de escoamento da linha de água, para a secção calculada é:

$$U = \frac{33,5}{3 \times 3,5} = 3,2 m/s$$

Sendo a velocidade obtida aceitável, será esta a dimensão ($3,5x3m^2$) da box-culvert a aplicar na maior linha de água do lanço do itinerário em questão.

2.7. CONDICIONANTES TÉCNICO-GEOMÉTRICAS

O projecto da geometria de uma estrada, é constituído pela planta e perfil longitudinal do traçado. A planta é constituída por alinhamentos rectos e curvos, definidos analiticamente por rectas, arcos de circunferência e arcos de clotoíde. O perfil longitudinal por sua vez é definido por concordâncias verticais (parábolas de 2ºgrau) e traíneis (alinhamentos rectos com uma determinada inclinação).

De modo a proporcionar segurança, comodidade, boa integração no meio envolvente, promover um bom escoamento de tráfego, e baseado no comportamento do condutor e nas características do veículo, foram estabelecidas normas que regulamentam as características geométricas a atribuir às estradas. A utilização destas normas é altamente aconselhável, pese embora mediante a devida justificação, estas possam ser desrespeitadas, havendo cuidados acrescidos na sinalização do troço em questão.

O itinerário em questão, foi projectado na década de 70, para uma velocidade base de 60Km/h, integrada num terreno de difícil topografia.

Segue-se uma análise de planta e perfil longitudinal do troço, segundo as normas então em vigor, e as actuais, para a velocidade base atrás referida. Serão apenas analisados os parâmetros dos quais existe informação no projecto.

2.1.1. ANÁLISE DO TRAÇADO EM PLANTA

Alinhamentos Rectos

A implantação de alinhamentos rectos de grande extensão, além de provocarem monotonia na condução e encadeamento na condução nocturna, integram-se mal na topografia do terreno.

Quadro 3 – Dimensões aconselháveis para alinhamentos rectos [34] [35]

	Normas Antigas	Normas Actuais
Extensão Mínima Aconselhada	1500m	360m
Extensão Máxima Aconselhada	3000m	1200m

Alinhamentos Curvos

Curvas Circulares

Estes elementos deverão possuir o maior raio possível, facilitando a visibilidade e percepção do traçado pelos condutores, diminuir a força centrífuga, e garantir uma boa harmonização com a paisagem.

O raio é analiticamente definido, pela expressão:

$$R = \frac{V^2}{127 \times (f_t + Se)} \quad (2.7)$$

V – Velocidade base (Km/h);

f_t – Coeficiente de atrito;

Se – Sobrelevação;

São definidos dois tipos de raio, o **Raio Mínimo Normal** e o **Raio Mínimo Absoluto**. A definição do raio mínimo normal tem em conta a comodidade de circulação, por sua vez o mínimo absoluto é um raio a utilizar apenas em circunstâncias especiais e devidamente justificadas, e toma em consideração especialmente a segurança de circulação.

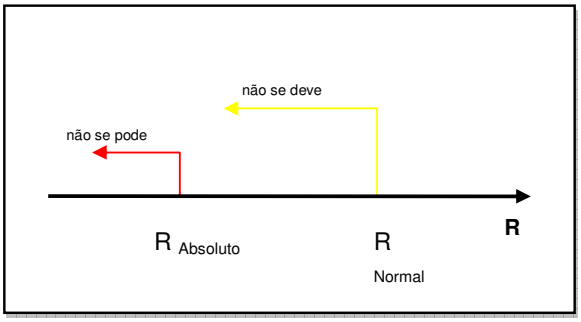


FIG.11 – Esquema representativo da aplicabilidade dos raios

Quadro 4 – Limites dos raios das curvas circulares [34] [35]

	Normas Antigas	Normas Actuais
Raio Mínimo Absoluto	120m	130m
Raio Mínimo Normal	150m	250m

Curvas de Transição

Estes elementos têm por função, assegurar a variação contínua da aceleração centrífuga entre os alinhamentos rectos e curvas circulares, disfarçar a transição de sobrelevação e sobrelargura e melhorar a comodidade óptica do trabalho.

As curvas de transição são clotoídes, definidas analiticamente por:

$$A^2 = r \times l \quad (2.8)$$

A – Parâmetro da clotoíde (m);

R – Raio da clotoíde em cada ponto (m);

L – Extensão medida do ponto de raio ∞ até àquele que apresenta raio r (m);

O dimensionamento da clotoíde é efectuado através da análise dos seguintes critérios:

a) Critério relativo à minimização dos efeitos provocados pela aceleração centrífuga:

$$A \geq \sqrt{\frac{V \times R}{46{,}656 \times j} \times \left(\frac{V^2}{R} - 127 \times Se \right)} \quad (2.9)$$

definido pelas normas antigas;

$$A \geq 0{,}1464 \sqrt{\frac{V_B^3}{j}} \quad (2.10)$$

definido pelas normas actuais;

V_B – Velocidade base (Km/h);

R – Raio da curva circular (m);

Se – Sobrelevação;

J – Variação da aceleração centrífuga (m^3/s);

b) Critério relativo à comodidade óptica:

$$A \geq \frac{1}{3} R \quad (2.11)$$

Este é um critério comum nas normas;

c) Critério relativo ao disfarce da sobrelevação:

$$A \geq \sqrt{\frac{n \times a}{2 \times \varepsilon} \times R \times Se} \quad (2.12)$$

definido pelas normas antigas;

$$A \geq \sqrt{R \times \frac{a \times Se}{2 \times \Delta i}} \quad (2.13)$$

definido pelas normas em vigor;

N – Coeficiente dependente do nº de vias (=1);

A – largura da faixa de rodagem (7m);

Ɛ - Inclinação longitudinal do bordo exterior da faixa de rodagem em relação ao eixo (0,5%);

As normas actuais fazem referência ainda a um outro critério de dimensionamento, relativo à estética do traçado:

$$A \geq \sqrt{R \times \frac{V_B}{1{,}8}} \quad (2.14)$$

O parâmetro da clotoíde a adoptar será o mais elevado dos critérios de dimensionamento apresentados. As normas em vigor aquando do projecto do IP4, ao contrário das actuais, não indicam um valor mínimo do parâmetro da clotoíde para a velocidade base analisada. Será então feita uma estimativa dos parâmetros para os raios das curvas circulares existentes no troço em análise.

Quadro 5 – Parâmetros das clotoídes [34] [35]

	a)	b)	c)	A		V_B = 60Km/h
R = 130m	79,3	43,33	72,85	80	Normas Actuais	A = 70
R = 230m	63,25	76,67	96,91	97		
R = 400m	10,64	133,33	127,80	134		

Em ambas as normas, é referido que a soma dos desenvolvimentos dos dois arcos de clotoíde fique compreendida entre ½ e 2/3 do desenvolvimento total da curvas.

Sequência dos elementos que constituem a planta:

As normas da década de 70, referem que:

a) A relação entre os raios de curvas horizontais consecutivas deve ser inferior a 2,5, salvo se o raio for menor que 400m;

b) Duas curvas em planta do mesmo sentido deverão ser separadas tanto quanto possível por alinhamento recto de comprimento mínimo igual à distância que pode ser percorrida durante 5s à velocidade permitida pelo raio daquelas curvas;

As normas actualmente em vigor, devido a todo o desenvolvimento observado na área, referem situações particulares aquando da concepção da planta de um projecto:

a) Dois alinhamentos rectos e uma curva circular (Fig.nº12). A relação entre os parâmetros das clotoídes deverá ser:

$$\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$$

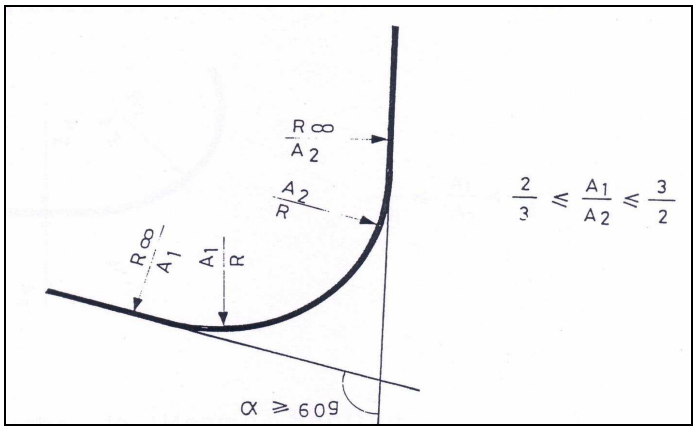


Fig.12 – Relação entre dois alinhamentos rectos e curva circular (in *Normas de Traçado JAE, P3-91*)

b) Duas curvas circulares de sentido contrário (Fig. nº13). Os parâmetros das clotoídes devem ser idênticos, e de preferência o mesmo. Os raios das curvas circulares devem respeitar o ábaco apresentado na página seguinte;

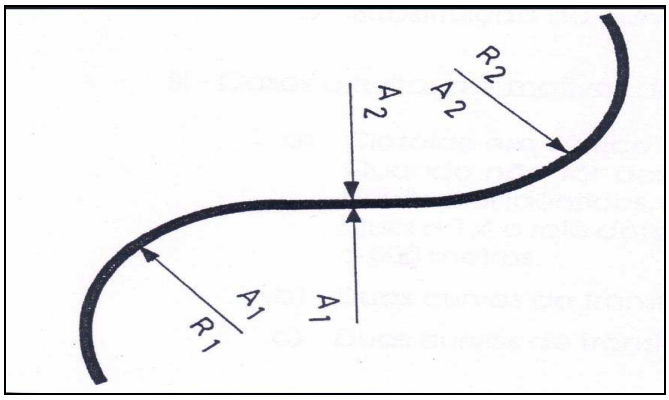


Fig.13 – Curvas circulares de sentido contrário (in *Normas de Traçado JAE, P3-91*)

c) Duas curvas com o mesmo sentido, deverão também satisfazer o ábaco da página seguinte;

d) Serão de evitar duas curvas de transição consecutivas, assim como duas curvas de transição no mesmo sentido;

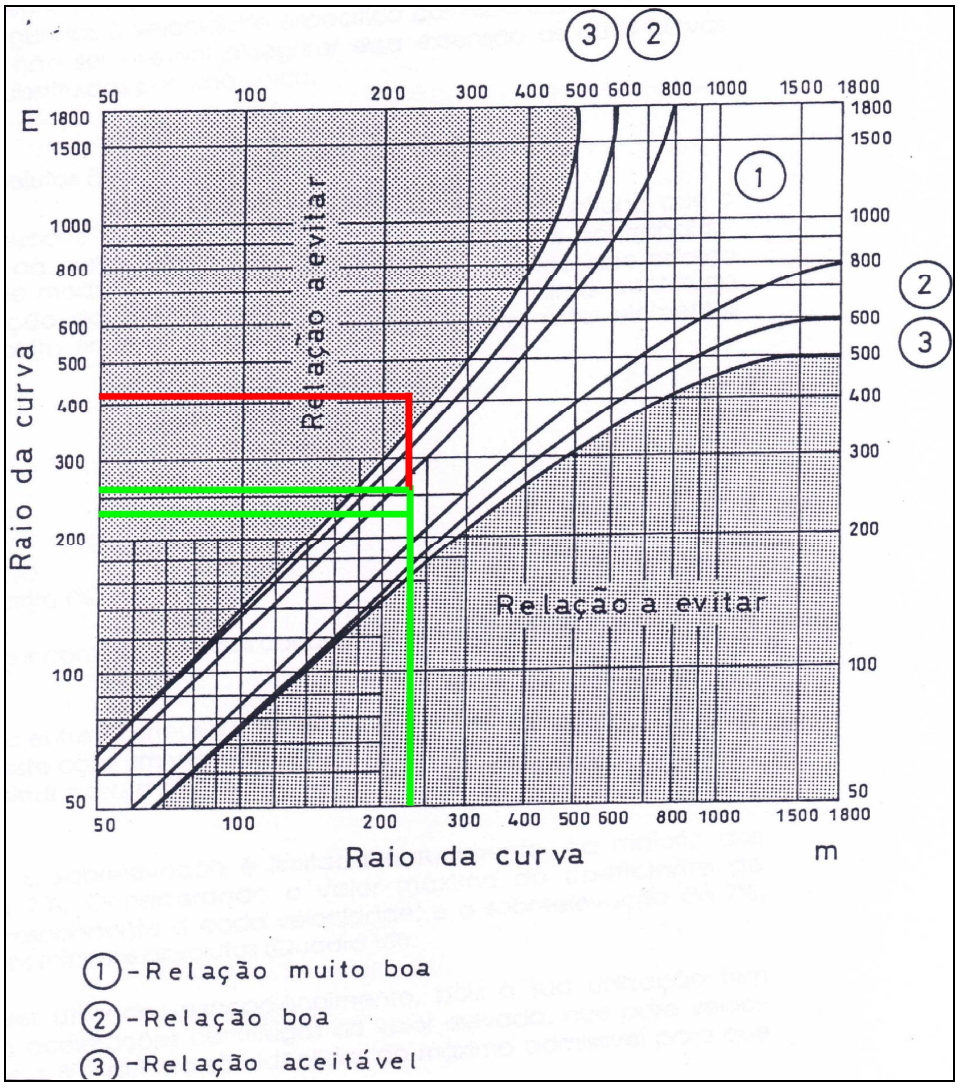


Fig.14 – Relação entre raios de curvas consecutivas. Exemplificação com os raios presentes no troço (in *Normas de Traçado JAE, P3-91)*

A planta do traçado será analisada nas páginas seguintes. Nos quadros que se seguem os parâmetros escritos a vermelho não cumprem as normas de então, enquanto que os parâmetros a laranja não cumprem as normas actualmente em vigor.

Legenda:

[1] – ½ Comp. Total da Curva < L_1+L_2 < 2/3 Comp. Total da Curva;

[2] - $\frac{R_1}{R_2} < 2{,}5$ **,** excepto se o menor raio for superior a 400m;

[3] – Comprimento do alinhamento recto > 111,11m (valor correspondente ao comprimento percorrido durante 5s à velocidade permitida pelos raios;

[4] – Para duas curvas circulares de sentido contrário, os parâmetros das clotoídes deverão ser iguais;

Quadro 6 – Análise do Traçado em Planta [11+981,75 ; 15+078,12]

	Planta					[1]	[2]	[3]	[4]
	P.K.	D (m)	A (m)	R (m)	L (m)				
Curva à direita	11+981,73	324,11	xxxx	130	xxxx				
	12+305,84	xxxx	65	xxxx	32,5				
	12+338,34								
R		108,87	xxxx	∞	xxxx			OK	
	12+447,21								
Curva à esquerda		xxxx	110	xxxx	52,61				
	12+499,82	63,78	xxxx	230	xxxx	KO			
	12+563,78	xxxx	110	xxxx	52,61				
	12+616,21								
R		362,19	xxxx	∞	xxxx			OK	
	12+978,4								
Curva à esquerda		xxxx	110	xxxx	52,61				
	13+031,01	268,72	xxxx	230	xxxx	KO			
	13+299,73	xxxx	110	xxxx	52,61				
	13+352,34								
R		408,89	xxxx	∞	xxxx			OK	
	13+761,23								
Curva à direita		xxxx	110	xxxx	52,61				
	13+813,84	46,71	xxxx	230	xxxx	KO			
	13+860,55	xxxx	110	xxxx	52,61		OK		OK
	13+913,16								
Curva à esquerda		xxxx	110	xxxx	52,61				
	13+965,77	223,02	xxxx	230	xxxx	KO			
	14+188,79	xxxx	110	xxxx	52,61		OK		OK
	14+241,4								
R		311,09	xxxx	∞	xxxx			OK	
	14+552,49								
C.C		249,26	xxxx	2200	xxxx				
	14+801,75								
R		276,38	xxxx	∞	xxxx			OK	
	15+078,12								

Quadro 7 – Análise do Traçado em Planta [15+078,12 ; 16+083,61]

	Planta					[1]	[2]	[3]	[4]
	P.K.	D (m)	A (m)	R (m)	L (m)				
Curva à esquerda	15+078,12	xxxx	110	xxxx	52,61	KO			
	15+130,74	152,1	xxxx	230	xxxx				
	15+282,84	xxxx	110	xxxx	52,61				
	15+335,44								
R		81,15	xxxx	∞	xxxx			KO	
	15+416,60								
Curva à esquerda		xxxx	110	xxxx	52,61	OK			
	15+469,19	97,61	xxxx	230	xxxx				
	15+566,8	xxxx	110	xxxx	52,61				
	15+619,41								
R		159,44	xxxx	∞	xxxx			OK	
	15+778,86								
Curva à esquerda		xxxx	100	xxxx	43,48	OK	OK		OK
	15+822,33	45,76	xxxx	230	xxxx				
	15+868,09								
Cur esq.		xxxx	100	xxxx	43,48		OK		OK
	15+911,57								
Curva à direita		xxxx	100	xxxx	43,48	KO			
	15+955,05	28,37	xxxx	230	xxxx				
	15+983,42	xxxx	100	xxxx	43,48				
	16+026,90								
R		56,71	xxxx	∞	xxxx			KO	
	16+083,61								

Legenda:

[1] – ½ Comp. Total da Curva < L_1+L_2 < 2/3 Comp. Total da Curva;

[2] - $\frac{R_1}{R_2} < 2{,}5$ **,** excepto se o menor raio for superior a 400m;

[3] – Comprimento do alinhamento recto > 111,11m (valor correspondente ao comprimento percorrido durante 5s à velocidade permitida pelos raios;

[4] – Para duas curvas circulares de sentido contrário, os parâmetros das clotoídes deverão ser iguais;

Quadro 8 – Análise do Traçado em Planta [16+083,61 ; 17+692,38]

	Planta					[1]	[2]	[3]	[4]
	P.K.	**D (m)**	**A (m)**	**R (m)**	**L (m)**				
Curva à esquerda	16+083,61	xxxx	110	xxxx	52,61	KO	OK		OK
	16+136,22	28,6	xxxx	230	xxxx				
	16+164,82	xxxx	110	xxxx	52,61				
	16+217,43	xxxx	110	xxxx	52,61	OK			
Curva à direita	16+270,04	95,95	xxxx	230	xxxx				
	16+365,99	xxxx	110	xxxx	52,61				
	16+418,6	299,06	xxxx	∞	xxxx			OK	
R	16+717,66	xxxx	140	xxxx	49	KO			
Curva à esquerda	16+766,66	103,32	xxxx	400	xxxx				
	16+869,99	xxxx	140	xxxx	49				
	16+918,99	106,98	xxxx	∞	xxxx			OK	
R	17+025,97	xxxx	110	xxxx	52,61	KO			
Curva à direita	17+078,58	177,58	xxxx	230	xxxx				
	17+256,16	xxxx	110	xxxx	52,61				
	17+308,77	165,19	xxxx	∞	xxxx			OK	
R	17+473,96	xxxx	110	xxxx	52,61	KO	OK		
Curva à esquerda	17+526,57	113,2	xxxx	230	xxxx				
	17+639,77	xxxx	110	xxxx	52,61				
	17+692,38								

Quadro 9 – Análise do Traçado em Planta [17+692,38 ; 18+838,13]

	Planta					[1]	[2]	[3]	[4]
	P.K.	D (m)	A (m)	R (m)	L (m)				
Curva à direita	17+692,38	xxxx	110	xxxx	36,67	OK			
	17+729,06	57,27	xxxx	230	xxxx				
	17+786,33	xxxx	110	xxxx	36,67				
	17+823								
R	17+970,59	147,59	xxxx	∞	xxxx			OK	
Curva à esquerda	18+017,26	xxxx	140	xxxx	46,67	KO	OK		OK
	18+207,27	190,01	xxxx	420	xxxx				
	18+253,93	xxxx	140	xxxx	46,67				
Curva à direita	18+339,15	xxxx	140	xxxx	85,22	KO	OK		OK
	18+373,37	34,22	xxxx	230	xxxx	OK			
	18+458,59	xxxx	140	xxxx	85,22				
R	18+494,89	36,38	xxxx	∞	xxxx			KO	
Curva à direita	18+547,5	xxxx	110	xxxx	52,61	KO	OK		OK
	18+732,92	185,42	xxxx	230	xxxx				
	18+785,52	xxxx	110	xxxx	52,61				
Cur. esq.	18+838,13	xxxx	110	xxxx	52,61				

Legenda:

[1] – ½ Comp. Total da Curva < L_1+L_2 < 2/3 Comp. Total da Curva;

[2] - $\frac{R_1}{R_2} < 2{,}5$ **,** excepto se o menor raio for superior a 400m;

[3] – Comprimento do alinhamento recto > 111,11m (valor correspondente ao comprimento percorrido durante 5s à velocidade permitida pelos raios;

[4] – Para duas curvas circulares de sentido contrário, os parâmetros das clotoídes deverão ser iguais;

Quadro 10 – Análise do Traçado em Planta [18+838,13 ; 20+018,02]

	Planta					[1]	[2]	[3]	[4]
	P.K.	D (m)	A (m)	R (m)	L (m)				
Curva à esquerda	18+838,13	30,92	xxxx	230	xxxx	KO	OK		KO
	18+869,05	xxxx	120	xxxx	62,61		OK		
Curva à direita	18+931,66	xxxx	120	xxxx	55,39	KO			
	18+987,05	151,93	xxxx	260	xxxx	KO			
	19+138,98	xxxx	120	xxxx	55,39				
R	19+194,37	170,01	xxxx	∞	xxxx			OK	
C. esq	19+364,38	xxxx	100	xxxx	43,48	KO	OK		OK
Curva à esquerda	19+407,86	149,92	xxxx	230	xxxx				
	19+557,78	xxxx	100	xxxx	43,48				
Curva à direita	19+601,26	xxxx	100	xxxx	43,48	KO			
	19+644,74	115,05	xxxx	230	xxxx				
	19+760,59	xxxx	100	xxxx	43,48				OK
Curva à esquerda	19+804,07	xxxx	100	xxxx	43,48				
	19+847,55	170,47	xxxx	230	xxxx				
	20+018,02								

Existem duas situações, que merecem uma análise mais detalhadas:

Ao **km 14+552,49**, a presença de uma curva circular, embora de raio bastante elevado, entre dois alinhamentos rectos, promove uma indesejada heterogeneidade no traçado, uma quebra de alinhamentos.

Ao **km 17+692,38**, situação destacada com um fundo vermelho no quadro, as clotoídes presentes no alinhamento curvo, apresentam o parâmetro incorrecto para a extensão que apresentam, como é possível justificar, pela aplicação da equação do parâmetro da clotoíde para a sua extensão global:

$$A^2 = R \times L \quad (2.15)$$

A – Parâmetro da clotoíde (m);

R – Raio da curva circular osculadora (m);

L – Extensão global da clotoíde (m);

$$A^2 = R \times L \Leftrightarrow 110^2 = 230 \times L \Leftrightarrow L = 52{,}61m$$

O parâmetro correcto da clotoíde que deveria estar presente no projecto seria:

$$A^2 = R \times L \Leftrightarrow A^2 = 230 \times 36{,}67 \Leftrightarrow A = \sqrt{8344{,}1} \Leftrightarrow A = 91{,}4m$$

Existe ainda uma crítica a fazer relativamente a um dos pontos atrás avaliados. O ponto [3], referente ao comprimento do alinhamento recto mínimo entre duas curvas consecutivas; esta regra deveria somente ser aplicado no caso de curvas circulares. As curvas são normalmente compostas por clotoídes (de raio variável), e curva circular (de raio constante), em que as primeiras promovem uma transição suave entre alinhamento recto e a circunferência, pelo que, parte dessa dimensão de transição deveria também ser tida em consideração aquando da avaliação do comprimento do alinhamento recto.

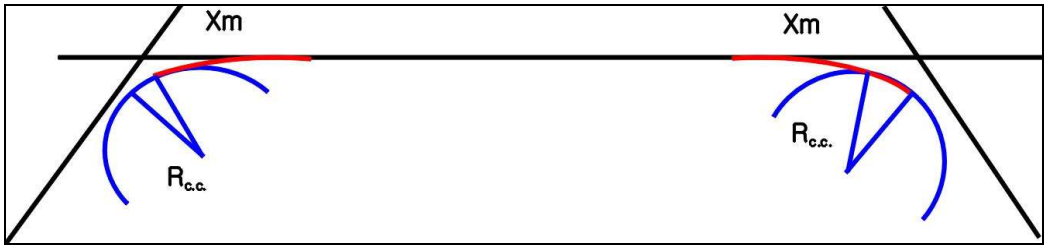


Fig.15 – Alinhamento recto entre duas curvas compostas

Um exemplo da não aplicabilidade deste ponto são os traçados flexíveis, tipo de traçado usado para a implantação de auto-estradas, em que não existem alinhamentos rectos mas apenas curvas compostas.

Provavelmente mais grave do que a heterogeneidade interna referida em [2] é o que se verifica no troço Amarante – Campeã com os adjacentes – Penafiel /Amarante e Campeã / Parada de Cunhos. De facto no primeiro a velocidade base é de 120Km/h e, então, as suas características técnico-geométricas são adequadas à sua velocidade base de 80km/h. Isto coloca o troço em análise (V_B=60Km/h) entre duas características geométricas muito superiores.

Seguem-se algumas fotografias do troço, em pontos de geometria relevante:



Foto nº26 – Curva ao Km 11+981,75 (R=130m)



Foto nº27 – Situação de Curva – Contra Curva

2.1.2. ANÁLISE DO TRAÇADO EM PERFIL LONGITUDINAL

Traíneis

É definida uma inclinação máxima dos traíneis, tendo por base a velocidade do projecto:

Quadro nº11 – Inclinações máximas permitidas para os traíneis [34] [35]

	Normas Antigas	Normas Actuais
Inclinação Máxima	7%	7%

As normas em vigor na década de 70, fazem ainda referência, que as inclinações máximas apenas deverão ser utilizadas em traíneis com a menor dimensão possível.

As normas actuais, referem que a inclinação máxima não deve ser utilizada em traíneis com extensão superior a 3Km. Admitem ainda que em terrenos acidentados a inclinação pode ser acrescida de 1% para traíneis com uma extensão não superior a 600m.

Há ainda a definição de um outro conceito **"extensão crítica dos traíneis"**, definida com base na diminuição da velocidade dos veículos pesados, relativamente à dos ligeiros, valor utilizado como referência para a detecção da via de lentos.

As normas actuais, referem ainda que para declives de grande inclinação (>6%) e extensão (>2Km) é aconselhada a construção de escapatórias; estas têm por função a dissipação de energia cinética do veículo, quando o condutor através da impossibilidade de reduzir a velocidade ao longo da via.

Quadro nº12 – Extensão Crítica dos Traíneis [34] [35]

Inclinação	5%	6%	7%
Extensão crítica dos traíneis (Normas Antigas)	270	210	180
Extensão crítica dos traíneis (Normas Actuais)	230	180	150

Concordâncias Verticais

Os traíneis consecutivos são concordados por meio de curvas parabólicas, que garantam a segurança de circulação, traduzida pela garantia de distâncias de visibilidade mínimas.

Concordâncias Convexas

Os raios para destas concordâncias devem garantir uma visibilidade igual a duas vezes a distância de paragem para a altura correspondente à posição dos olhos dos condutores.

Quadro nº13 – Características das Concordâncias Convexas [34] [35]

	Normas Antigas	Normas Actuais
Raio Mínimo	2000	2000
Desenvolvimento Mínimo	60	60

Concordâncias Côncavas

A sua definição analítica é realizada levando em consideração a visibilidade na condução nocturna.

Quadro nº14 – Características das Concordâncias Côncavas [34] [35]

	Normas Antigas	Normas Actuais
Raio Mínimo	1500	1600
Desenvolvimento Mínimo	60	120

Será efectuada de seguida a análise ao perfil longitudinal do troço do itinerário, segundo as normas apresentadas:

Quadro nº15 – Análise do Traçado em Perfil Longitudinal – Km [12+000 ; 17+181,53]

Perfil Longitudinal			
P.K.	**i**	**D (m)**	**R (m)**
12+000	0,07304	136,98	Xxxx
12+136,93	xxxx	154,15	50.000
12+291,08	0,06997	531,68	Xxxx
12+822,76	xxxx	154,47	-50.000
12+977,23	0,07304	446,27	Xxxx
13+423,5	xxxx	153,07	-50.000
13+576,7	0,07	2636,45	Xxxx
16+213,04	0,06365	132,99	Xxxx
16+346,03	xxxx	126,09	-20.000
16+473,07	0,07	539,11	Xxxx
17+012,14	xxxx	91,74	8.000
17+103,89	0,0584	77,64	Xxxx
17+181,53			

Legenda:

Vermelho – parâmetros desrespeitados pelas normas em vigor na década de 70;

Laranja – parâmetros desrespeitados pelas normas actualmente em vigor;

Quadro nº16 – Análise do Traçado em Perfil Longitudinal – Km [17+181,53 ; 19+946,59]

Perfil Longitudinal			
P.K.	**i**	**D (m)**	**R (m)**
17+181,53	xxxx	116,87	-6.000
17+298,4	0,0784	407,19	xxxx
17+705,59	xxxx	108,87	10.000
17+814,46	0,06711	275,22	xxxx
18+089,68	xxxx	100,63	-35.000
18+190,31	0,07	623,36	xxxx
18+813,67	xxxx	672,77	5.000
19+486,68	0,06486	307,03	xxxx
19+793,47	xxxx	153,12	-10.000
19+946,59			

Legenda:

Vermelho – parâmetros desrespeitados pelas normas em vigor na década de 70;

Laranja – parâmetros desrespeitados pelas normas actualmente em vigor;

Foi destacado a vermelho no quadro anterior a existência de dois traíneis consecutivos, sem qualquer concordância vertical a separá-las. No entanto, nas peças escritas do projecto existe a referência a uma concordância vertical côncava de R=20.000m e com uma extensão de 126,08m; porém as cotas de projecto apresentadas são referentes a uma situação desprovida de concordância. Após a realização de alguns cálculos chegou-se à conclusão que a diferença entre cotas do ponto mais alto da concordância e a cota indicada pela traínel, difere no máximo de 10cm.

Numa breve análise ao quadro atrás apresentado, e recordando o conceito de extensão crítica do traínel, que leva à implantação de vias de lentos, conclui-se que tal situação é aplicável no troço em estudo. De facto, tal situação é verificada no sentido Amarante – Campeã, ao contrário do que acontece no sentido descendente.



Foto nº28 – Troço ao 75+000 Km



Foto nº29 – Troço ao 76+500 Km



Foto nº30 – Troço ao Km 74+000

2.1.2. COORDENAÇÃO DO TRAÇADO EM PLANTA E EM PERFIL LONGITUDINAL

As avaliações isoladas do perfil longitudinal e de planta do traçado, não são por si só suficientes para garantir a concepção de um traçado seguro. É necessário que estas duas peças apresentem uma boa coordenação, assegurando uma circulação mais segura. A coordenação das curvas em planta e em perfil longitudinal deverá permitir também uma harmonização das ondulações do traçado.

As normas em vigor aquando da realização do projecto indicam que [34]:

a) Deve ficar assegurada ao longo de todo o traçado, a distância de visibilidade de paragem. Para a velocidade de projecto de 60Km/h é fixada uma distância livre de 300m;

b) Para raios superiores aos raios cómodos normais, as curvas em planta deverão em regra sobrepor-se às concordâncias verticais;

c) Os raios das concordâncias côncavas deverão ser superiores seis vezes aos raios das curvas horizontais a que estão associados;

d) Se o traçado tem muitas curvas em planta, as inclinações dos traíneis devem ser o mais reduzidas possível;

Por sua vez as normas actualmente em vigor, acrescentam [35]:

a) A sobreposição das curvas em planta e perfil melhoram normalmente o aspecto visual da estrada;

b) Curvas com grande desenvolvimento de preferência a grandes alinhamentos rectos com curvas de pequena extensão;

c) As curvas horizontais à distância parecem ter extensão diminuta, pelo que o raio deve ser o maior possível de modo a evitar o aspecto de quebra;

d) Evitar a implantação de curva em planta colocada imediatamente a jusante de uma concordância convexa;

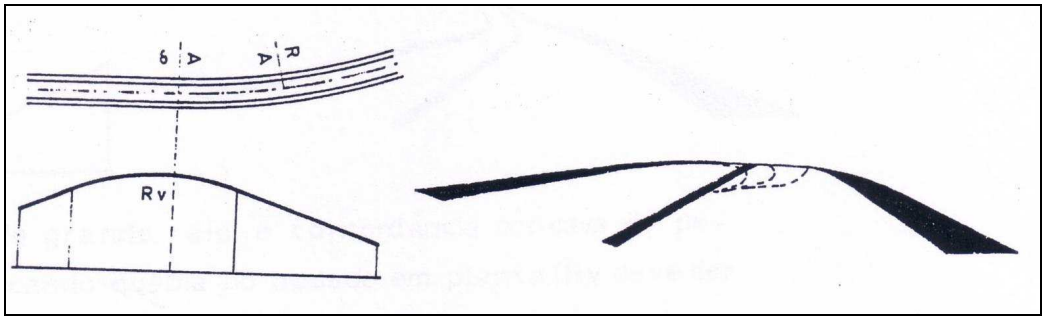


Fig.16 – Início da curva circular após concordância convexa (in *Normas de traçado JAE, P3-91)*

e) Evitar perdas de traçado especialmente se a directriz se situa em recta que não tem a mesma gravidade;

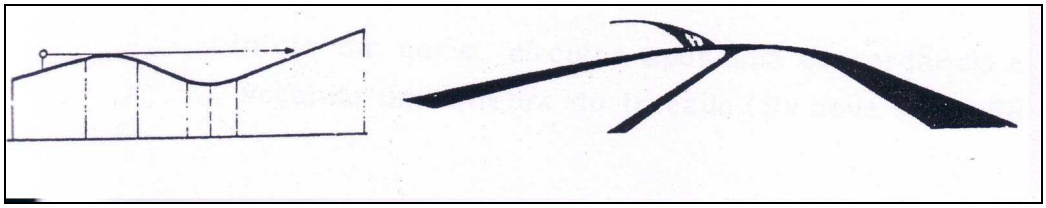


Fig.17 – Mau traçado em perfil (in *Normas de Traçado JAE, P3-91)*

Seguem-se, nas páginas seguintes, os quadros da análise feita à coordenação do traçado em planta e perfil longitudinal:

Quadro nº17 – Análise da coordenação Perfil vs Planta – Km [11+981,73 ; 14+801,75]

P.K.	Planta	Perfil Longitudinal	[1]	[2]
11+981,73	Curva à direita (R=130m)	Traínel (D=136,93m)		
12+000				
12+136,93		Concordância (R=50.0000m)	OK	OK
12+291,08		Traínel (D=531,68m)		
12+305,84	Recta (L=108,87m)			
12+447,21	Curva à esquerda (R=230m)			
12+616,21	Recta (L=362,19m)			
12+822,76		Concordância (R=-50.0000m)	KO	
12+978,4	Curva à esquerda (R=230m)			
12+977,23		Traínel (D=446,27m)		
13+352,34	Recta (L=408,89m)			
13+423,5		Concordância (R=50.0000m)	OK	OK
13+576,7		Traínel (D=2636,45m)		
13+761,23	Curva à direita (R=230m)			
13+913,16	Curva à esquerda (R=230m)			
14+241,4	Recta (L=311,09m)			
14+552,49	Curva à direita (R=2200m)			
14+801,75	Recta (L=276,38m)			

Legenda:

[1] – Para raios superiores aos raios cómodos, as curvas em planta deverão em regra sobrepor-se às concordâncias verticais;

[2] – Os raios das concordâncias côncavas deverão ser seis vezes superiores aos raios das curvas horizontais a que estão associados;

Quadro nº18 – Análise da coordenação Perfil vs Planta – Km [14+801,75 ; 17+298,40]

P.K.	Planta	Perfil Longitudinal	[1]	[2]
15+078,12	Recta (L=276,38m)	Traínel (D=2636,45m)		
	Curva à esquerda (R=230m)			
15+335,44				
	Recta (L=81,15m)			
15+416,60				
	Curva à direita (R=230m)			
15+619,41				
	Recta (L=159,44m)			
15+778,86				
	Curva à esquerda (R=230m)			
15+911,57				
	Curva à direita (R=230m)			
16+026,90				
	Recta (L=56,71m)			
16+083,61				
	Curva à esquerda (R=230m)			
16+213,04				
		Traínel (D=132,99m)		
16+217,43	Curva à direita (R=230m)		KO	
16+346,03		Concordância (R=-20.0000m)		OK
16+418,60	Recta (L=299,06m)	Traínel (D=539,11m)		
16+473,07				
16+717,66	Curva à esquerda (R=400m)			
16+918,99				
	Recta (L=106,98m)			
17+012,14				
17+025,97	Curva à direita (R=230m)	Concordância (R=8.000m)	KO	OK
17+103,89		Traínel (D=77,64m)		
17+181,53		Concordância (R=-6.000m)	OK	OK
17+298,40				

Quadro nº19 – Análise da coordenação Perfil vs Planta – Km [17+298,40 ; 19+194,37]

P.K.	Planta	Perfil Longitudinal	[1]	[2]
17+298,40	Curva à direita (R=230m)	Traínel (D=407,19m)		
17+256,16				
17+308,77	Recta (L=165,19m)			
17+473,96	Curva à esquerda (R=230m)			
17+692,38	Curva à direita (R=230m)			
17+705,59		Concordância (R=10.000m)	OK	OK
17+814,46		Traínel (D=275,22m)		
17+823,00	Recta (L=147,59m)			
17+970,59	Curva à esquerda (R=420m)			
18+089,68		Concordância (R=-35.000m)	OK	OK
18+190,31		Traínel (D=623,36m)		
18+253,93	Curva à direita (R=230m)			
18+458,59	Recta (L=36,38m)			
18+494,89	Curva à direita (R=230m)			
18+785,52			KO	
18+813,67		Concordância (R=5000m)		OK
18+931,66	Curva à direita (R=260m)		OK	
19+194,37				

Legenda:

[1] – Para raios superiores aos raios cómodos, as curvas em planta deverão em regra sobrepor-se às concordâncias verticais;

[2] – Os raios das concordâncias côncavas deverão ser seis vezes superiores aos raios das curvas horizontais a que estão associados;

Quadro nº20 – Análise da coordenação Perfil vs Planta [19+194,37 ; 19+847,55]

<table>
<tr><th>P.K.</th><th>Planta</th><th>Perfil Longitudinal</th><th>[1]</th><th>[2]</th></tr>
<tr><td>19+194,37</td><td rowspan="2">Recta
(L=170,01m)</td><td rowspan="2">Concordância
(R=5000m)</td><td></td><td rowspan="2">OK</td></tr>
<tr><td>19+364,38</td><td rowspan="3">Curva à esquerda
(R=230m)</td><td rowspan="2">KO</td></tr>
<tr><td>19+486,68</td><td rowspan="2">Trainel (D=307,03m)</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>19+601,26</td><td rowspan="2">Curva à direita
(R=230m)</td><td>KO</td></tr>
<tr><td>19+793,47</td><td rowspan="3">Concordância
(R=-10.000m)</td><td rowspan="2">KO</td></tr>
<tr><td>19+804,07</td><td rowspan="2">Curva à esquerda
(R=230m)</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>19+946,59</td><td></td></tr>
<tr><td>19+847,55</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

As normas em vigor na década de 70, referem ainda que se o traçado tem muitas curvas em planta, que é o presente caso, as inclinações dos traíneis devem ser o mais reduzidas possíveis, norma estaque é muitas vezes desrespeitada. Tal situação é compreensível pela conjugação do acidentado do terreno com o facto de os recursos à época serem limitados.

3

GEOLOGIA E GEOTECNIA

3.1. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A área em estudo neste trabalho, de natureza linear, confinada à faixa de rodagem e área de protecção de um troço do IP4, enquadra-se dentro Zona Centro-Ibérica (ZCI) nas proximidades do contacto com a frente de carreamento dos materiais pertencentes à Zona Galiza – Trás-os-Montes (ZGTM). Os limites deste zonamento tectónico-estratigráfico têm sofrido algumas modificações nos últimos anos, de que são exemplo os trabalhos de FARIAS *et al*. (1987), DÍAZ BALDA *et al.* (1990), QUESADA (1991, 1992), PEREIRA (2000) e MARTÍNEZ CATALÁN *et al* (2004). De acordo com este último trabalho a ZCI divide-se em dois domínios distintos: i) Domínio do Ollo de Sapo; ii) Domínio do Complexo Xisto-Grauváquico. Neste sentido, o nosso sector de estudo enquadra-se neste segundo, onde a existência de um acentuado metamorfismo regional e de contacto e de uma tectónica muito complexa, afectam significativamente a sucessão metassedimentar paleozóica aqui aflorante

Os primeiros trabalhos geológicos desenvolvidos nesta região da Serra do Marão foram da autoria de DELGADO (1892, 1908), muito focalizados na paleontologia dos materiais ordovícicos e silúricos. Posteriormente, as intensas campanhas de prospecção mineira, essencialmente centradas nas mineralizações de ferro, deram-nos a conhecer um pouco mais da geologia destas formações, conforme se pode constatar nos trabalhos de FREIRE (1946), SANTOS (1946), NEIVA (1946, 1949, 1952), SANTOS & NEIVA (1948), NEIVA & CERVEIRA (1951) e NEIVA *et al*. (1957). A necessidade de actualização e globalização do conhecimento geológico da região, bem como a realização de cartografia geológica à escala 1:50.000 conduziram ao auge do conhecimento sobre a geologia da região do Marão. Esta nova etapa do conhecimento incidiu em estudos de índole estratigráfica, petrográfica, geoquímica, cartográfica, estrutural, tectónica e paleontológica, conforme se constata nos trabalhos de PRIEM (1962), RIBEIRO *et al*. (1962), TEIXEIRA *et al*. (1964a, 1964b, 1967), TEIXEIRA (1974), SOUSA (1982), PEREIRA & RIBEIRO (1983), MCDOUGALL et al. (1987), PEREIRA (1987, 1989, 2000), COKE (1992, 2000a, 2000b), ROMÃO *et al.* (1995), COKE & GUTIÉRREZ-MARCO (1995, 2000, 2001), COKE *et al.* (1995, 1999a,1999b, 2000, 2001, 2003), SÁ et al. (2002, 2003, 2005) e SÁ (2005). Esta grande diversidade de trabalhos introduziu um conjunto bastante alargado de designações e unidades estratigráficas de carácter puramente operativo, tendo os trabalhos de SÁ (2005) e SÁ *et al.* (2005) estabelecido uma nomenclatura formal para as unidades estratigráficas de idade ordovícica aflorantes na região de Trás-os-Montes.

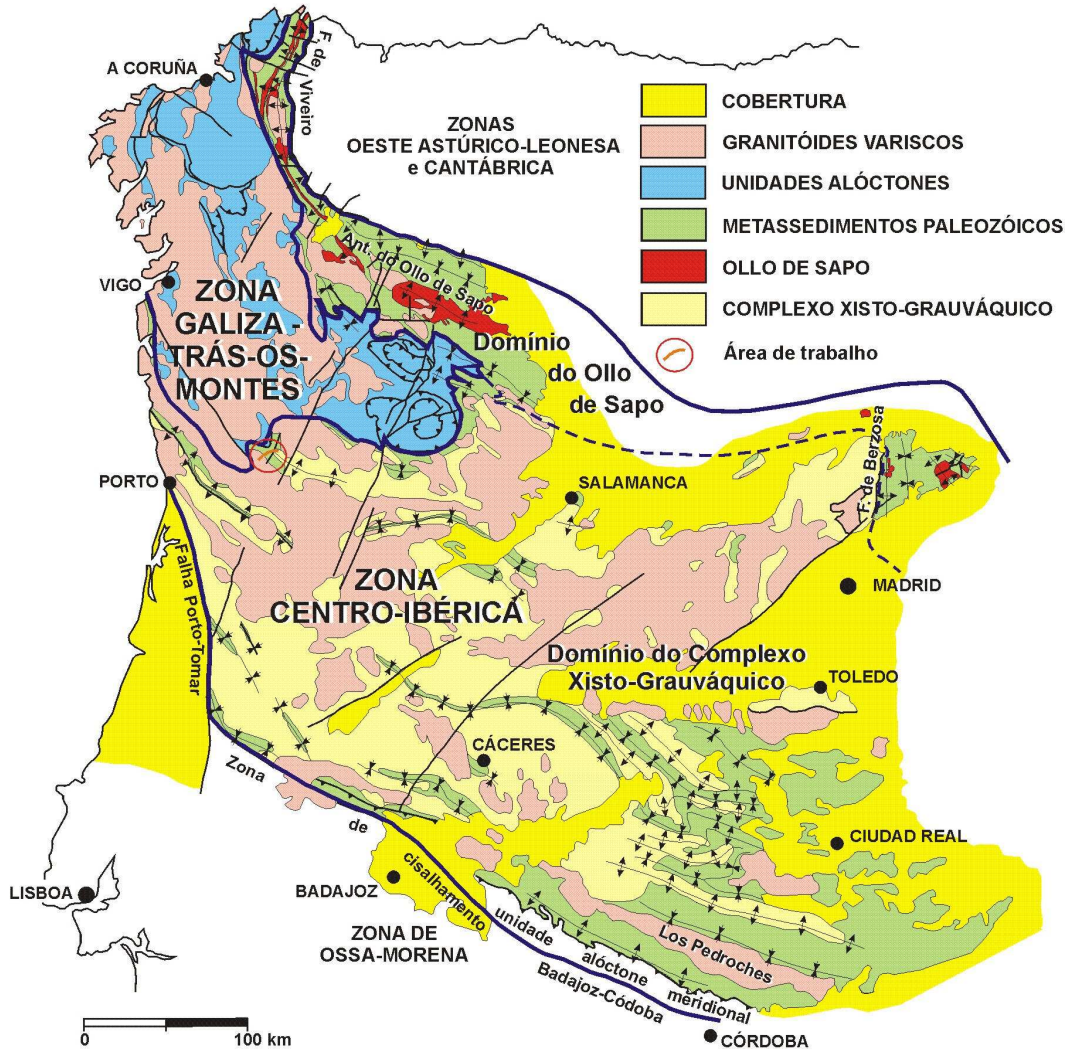


Fig.18 – Esquema da Zona Centro-Ibérica e da sua subdivisão em domínios com base no critério estratigráfico dos materiais infrajacentes ao Ordovícico Inferior. Os materiais representados como pertencentes ao Complexo Xisto-Grauváquico incluem também ortogneisses pré-variscos e algumas rochas com elevado grau de matemorfismo e de idade desconhecida (Adap. MARTÍNEZ CATALÁN *et all.*, 2004, coords.).

3.2. CARACTERIZAÇÃO LITOESTRATIGRÁFICA E PETROGRÁFICA

Tendo em conta toda a problemática referenciada no ponto anterior, no sector em estudo neste trabalho afloram materiais metassedimentares pertencentes à Formação Desejosa (Neoproterozóico – Câmbrico Inferior; SOUSA, 1982), à Formação Moncorvo (Oretaniano-Dobrotiviano; SÁ *et al.*, 2005), à Formação Guadramil (Hirnantiano; Sá *et al.*, 2005) e à Formação Santos (Wenlock a Lockoviano?; PEREIRA, 1989). O traçado em estudo intersecta ainda no sector sudoeste a mancha de granito porfiróide de grão grosseiro, comummente conhecido como Granito de Amarante (TEIXEIRA *et al.*, 1967). Os afloramentos metassedimentares intersectados contactam através de descontinuidades estratigráficas, com amplitudes significativas, à excepção do contacto entre a Formação Desejosa e a

Formação Moncorvo que é de natureza tectónica e marcado pela Falha de Pena Suar (COKE, 2000a, 2000b).

A Formação Desejosa (SOUSA, 1982) é caracterizada pela alternância de filitos cinzento-negros e siltitos claros, que lhe conferem um típico aspecto bandado (Est.2; fig.a). Por vezes observam-se horizontes de maior granularidade, de natureza gresosa e grauvacóide, que vão diminuindo progressivamente à medida que nos aproximamos do topo da unidade, e que se vai apresentando cada vez mais bioturbada. Para o topo da unidade observa-se uma clara bioturbação de alguns níveis, marcados por icnofósseis tipo "*Skolithos*" (tocas verticais; Est.2, fig.d) e *Planolites* (tocas horizontais de animais de corpo mole), que em ambos os casos implicam uma desestruturação da sedimentação original.

A análise microscópica destas litologias revelou a existência de um bandado, que define claramente S_0 (Est.2; fig.b,c) e é resultante da alternância de níveis micáceos milimétricos, fundamentalmente constituídos por clorite, biotite e moscovite, com bandas gressosas ricas em quartzo e feldspato. A sua composição mineralógica é constituída por Cl+Mo+Fk+Qz+Bi+Op+Ser±Tit.

O contacto tectónico (Falha de Pena Suar), entre esta unidade e a Formação Moncorvo mascara a existência da espessa sequência (445m) do Grupo Quartzítico de Trás-os-Montes, composto pela Formação Vale de Bojas e pela Formação Marão (SÁ *et al.*, 2005), que nesta região coroa os pontos mais altos da Serra do Marão.

A Formação Moncorvo (SÁ *et al.*, 2005) aflorante no sector em estudo caracteriza-se por se apresentar muito metamorfizada, devido à sua proximidade ao Granito de Amarante, sendo facilmente observáveis os inúmeros cristais de andaluzite (quiastolite; Est.2, fig.e,f) característicos da auréola de metamorfismo de contacto. Apesar disso, esta formação corresponde a uma sequência muito monótona de xistos cinzento-claros ou escuros, com frequentes pontuações de pirite, normalmente oxidadas (Est.2; fig.e), responsáveis em grande parte pela exsurgência de sulfuretos nas superfícies dos taludes de escavação.

Microscopicamente observa-se que, na maioria dos afloramento, estas rochas apresentam uma textura porfiroblástica, de matriz granolepidoblástica fina impregnada de material grafitoso (Est.3; fig.a), característica das corneanas quartzo-pelíticas.Além disso, observam-se recristalizações devidas ao metamorfismo de contacto ao mesmo tempo que se verifica que estas rochas apresentam pelo menos duas fases de deformação, que na maior parte das vezes mascaram S_0. Neste sentido, são comuns as vénulas de quartzo poligonitizado (Est.3, fig.b) e os opacos, fundamentalmente magnetite e sulfuretos, alinhados segundo S_0 e marcando microdobras bastante apertadas (Est.3, fig.c). Mineralogicamente estas rochas apresentam uma paragénese constituída por Mo+Cl+Op+Qz+Bi +Ser ±Fk±And±Cor±Tu±Zr.

Esta formação é bastante fossilífera, embora o acentuado metamorfismo tenha obstaculizado o achado de quaisquer fósseis durante o nosso trabalho de campo. No entanto, SÁ (2005) refere a ocorrência nas proximidades da nossa área de trabalho de trilobites (*Ectillaenus giganteus, Placoparia (Coplacoparia)* sp., *Neseuretus* cf. *tristani, Morgatia hupei*), bivalves (*Redonia deshayesi*, *Praeleda costae, Cardiolaria beirensis)*, gastrópodes (*Sinuites sowerbyi*) e icnofósseis (*Syncoprulus pharmaceus, Tomaculum problematicum*).

No que respeita aos materiais da Formação Guadramil (SÁ *et al.*, 2005), estes confinam-se a uma estreita faixa compreendida entre os 16+220 Km e 16+320 Km. Correspondem a xistos gressosos, que na parte inferior apresentam por vezes clastos mais ou menos facetados e com dimensões de areia grosseira, facilmente observáveis no campo e em lâmina delgada (Est.3, fig.d-e), que constituem os *dropstones* característicos das fácies glaciomarinhas diamictíticas, típicas do Ordovícico terminal. Esta

litologia apresenta uma coloração amarelada em fractura recente e um aspecto gressoso que a distingue dos materiais infra e suprajacentes. Microscopicamente apresenta uma textura lepidoblástica, sendo possível verificar que se encontra muito deformada e alterada, exibindo pelo menos duas fases de deformação e recristalização, que praticamente mascaram S_0 (Est.3, fig.f). Apresenta uma composição mineralógica constituída por Mo+Op+And+Ser+Fk+(Cl)+(Qz). Grande quantidade da moscovite é provavelmente resultante da recristalização dos feldspatos e da biotite da paragénese inicial.

O contacto com a litologia suprajacente, característica da Formação Santos (PEREIRA, 1989), é provavelmente de natureza tectónica, dado não termos encontrado quaisquer afloramentos com as litologias típicas do Silúrico, que afloram noutros pontos da Serra do Marão. Esta sequência é composta por pelitos bandados cinzento-negros aos quais se sobrepõe pelitos verdes e metassiltitos, passando superiormente a grauvaques com estratificação cruzada (Est.4, fig.a). A parte superior apresenta uma ocorrência rítmica de pelitos e metassiltitos finamente laminados, com intercalações decimétricas de metagrauvaques e metaquartzovaques (Est.4, fig.b). Neste sector estas litologias apresentam-se fortemente metamorfizadas, frequentemente transformadas em corneanas pelitico-siliciosas (Est.4, fig.c,d). A análise microscópica realizada revelou que estas rochas apresentam uma textura granolepidoblástica, com um alinhamento dos minerais a marcarem um S_1 sub-paraleo a S_0. Apresentam ainda uma marcada deformação e metamorfismo de contacto, que as transformam em corneanas quartzo-pelíticas. Revelaram uma paragénese mineral constituída por Bi+Mo+Qz+Cl+Op+Fk+Ser±And±Tu±Cor.

No decurso deste trabalho verificamos que o troço do IP4 em estudo intersecta ainda uma significativa parte de afloramentos de granito porfiroíde de grão grosseiro, com duas micas essencialmente biotítico (Est.4, fig.e). Corresponde à fácies comum do maciço de Amarante e Celorico de Basto (PEREIRA, 1989), incluindo com frequência fragmentos de outras rochas ígneas e de outras rochas metassedimentares. A análise petrográfica efectuada revelou uma textura porfiróide onde se destacam megacristais de microclina-pertite, frequentemente poeciliticos (Est.4, fig.f). Esta característica terá influenciado significativamente a acentuada alteração sofrida por estas rochas, conforme se constata pela intensa arenização das superfícies dos taludes de escavação. Este granito apresenta uma composição mineralógica formada por Qz+Ab+Fk+Bi+Mo+Tit +Op±Zr±And±Cl

O intenso metamorfismo de contacto que caracteriza as litologias metassedimentares aflorantes no sector em estudo constitui um forte impedimento à sua identificação inequívoca, sendo por vezes passível de confusão com outras litologias de idades câmbrica e ordovícica, comuns em afloramentos próximos na Serra do Marão. Neste sentido, ao compararmos os trabalhos de cartografia geológica existentes sobre a região (TEIXEIRA *et al*., 1967; PEREIRA, 1987, 1989; COKE, 2000b) constatamos uma acentuada evolução no conhecimento tectono-estratigráfico da mesma. No entanto, a descoberta recente de litologias pertencentes ao Ordovícico terminal (Formação Guadramil; SÁ *et all*, 2005) e os novos conhecimentos acerca da reduzida espessura das sequências parautóctones silúricas (PIÇARRA *et al.*, 2006) aflorantes nas proximidades, associados à intensa deformação, à complexa estrutura e ao acentuado metamorfismo indiciam que esta região pode ainda ser uma *Terra Incognita,* onde muito haverá ainda para desbravar em termos de conhecimento geológico.

Vinte anos depois da abertura desta "cicatriz na *Gea*" constatamos que se perdeu uma excelente oportunidade para acompanhar a par-e-passo o desenrolar desta obra, obtendo facilmente rochas inalteradas que permitiriam elaborar um conjunto de trabalhos de natureza estratigráfica, geoquímica,

cartográfica e paleontológica, entre outros, à semelhança do ocorrido durante a construção do Túnel Ordovícico del Fabar, na autovia do Cantábrico nas Astúrias (GUTIÉRREZ-MARCO & BERNÁRDEZ, 2003, fotos 29 e 30), e desta forma contribuiriam decisivamente para um conhecimento mais profundo da geologia desta região.



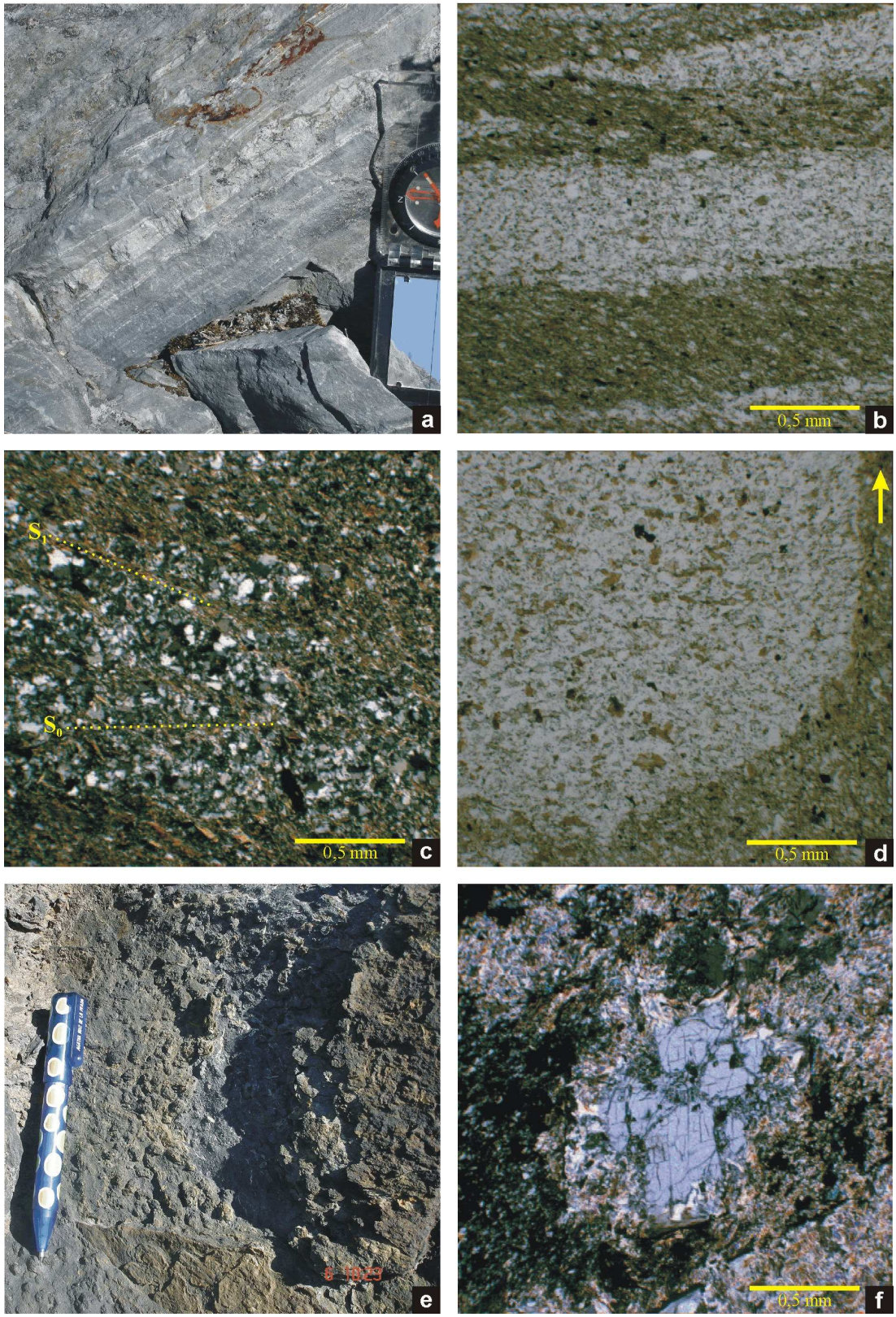
Foto nº31 – Túnel Ordovícico del Fabar



Foto nº32 – Aspecto da construção do Túnel

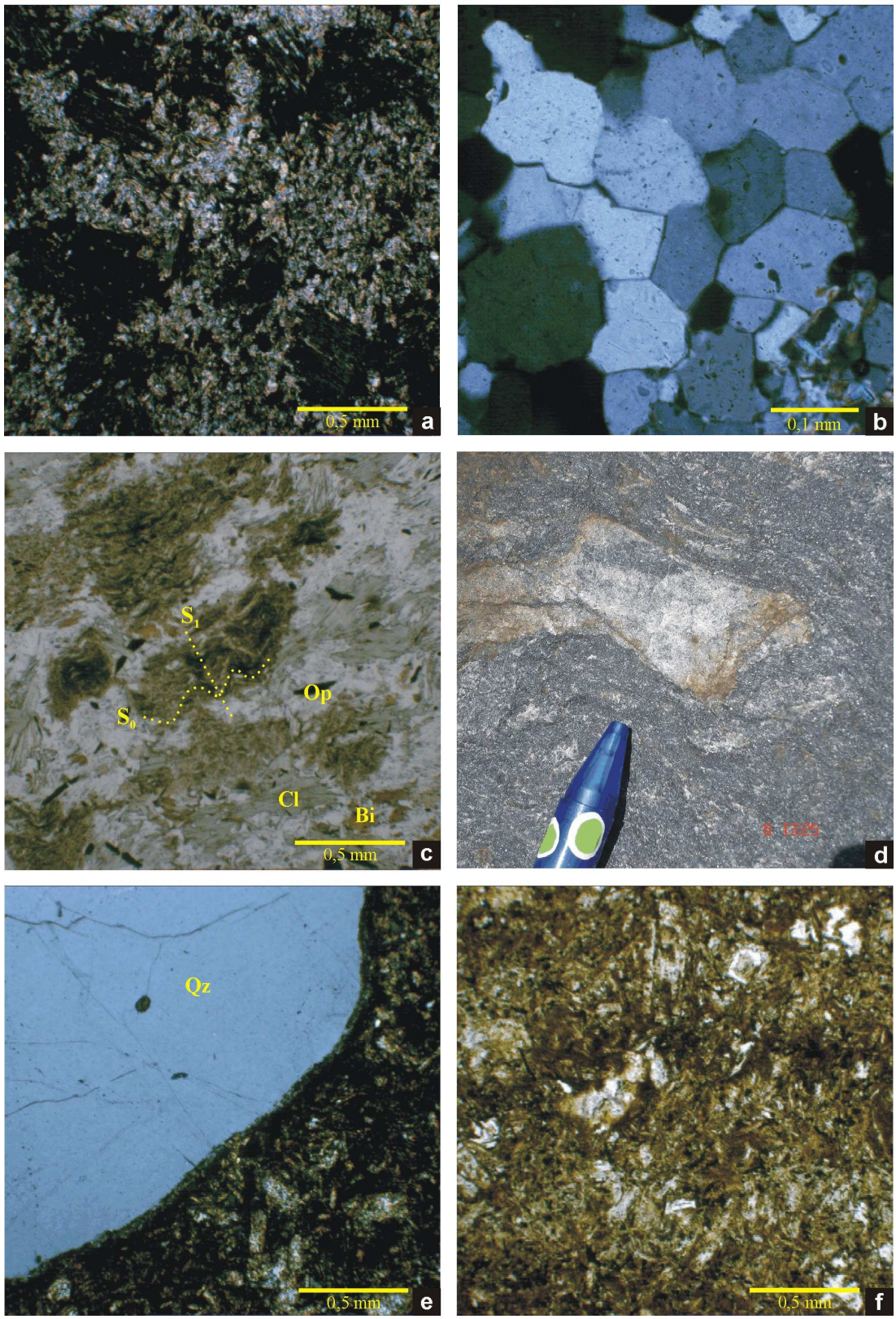
Estampa 2 – *Alguns aspectos macroscópicos e microscópicos das formações Desejosa e Moncorvo.* **a**, bandado observado em afloramento, resultante da alternância de filito cinzento-negros e siltitos claros, característico da Formação Desejosa; **b**, o mesmo bandado observado ao microscópio óptico de polarização (N//); **c**, aspecto da composição mineralógica e da estrutura dos níveis filito-siltíticos (N+); **d,** secção de *Skolithos* com recheio siltítico, intersectando e desestruturando-o nível de filitos. A seta amarela aponta para o tecto do estrato (N//); **e**, foto de campo dos xistos cinzento-escuros da Formação Moncorvo onde se observam inúmeros cristais de andaluzite e exsulução de sulfuretos resultantes da oxidação da pirite; **f**, secção basal de quiastolite (And), com a típica cruz de grafite e intensa alteração nos bordos patente na intensa recristalização de minerais micáceos (N+).

ESTAMPA 2



Estampa 3 – *Alguns aspectos das litologias características das formações Moncorvo. e Guadramil*
a–**c**, aspectos microscópicos dos materiais da formação Moncorvo [a, textura com porfiroblastos de andaluzite inseridos em matriz granolepidoblástica fina (N+); b, vénula de quartzo poligonitizado (N+); c, microdobras de S_0 marcadas pelo alinhamento de opacos (N//)]; **d**, foto de campo de *dropstone* glaciomarinho característico do Membro Ribeira de Guadramil da Formação Guadramil; **e**, secção de um pequeno *dropstone* de natureza quartzosa (Qz; N+); **f**, aspecto da matriz com textura lepidoblástica, deformada e alterada, da litologia típica da Formação Guadramil.

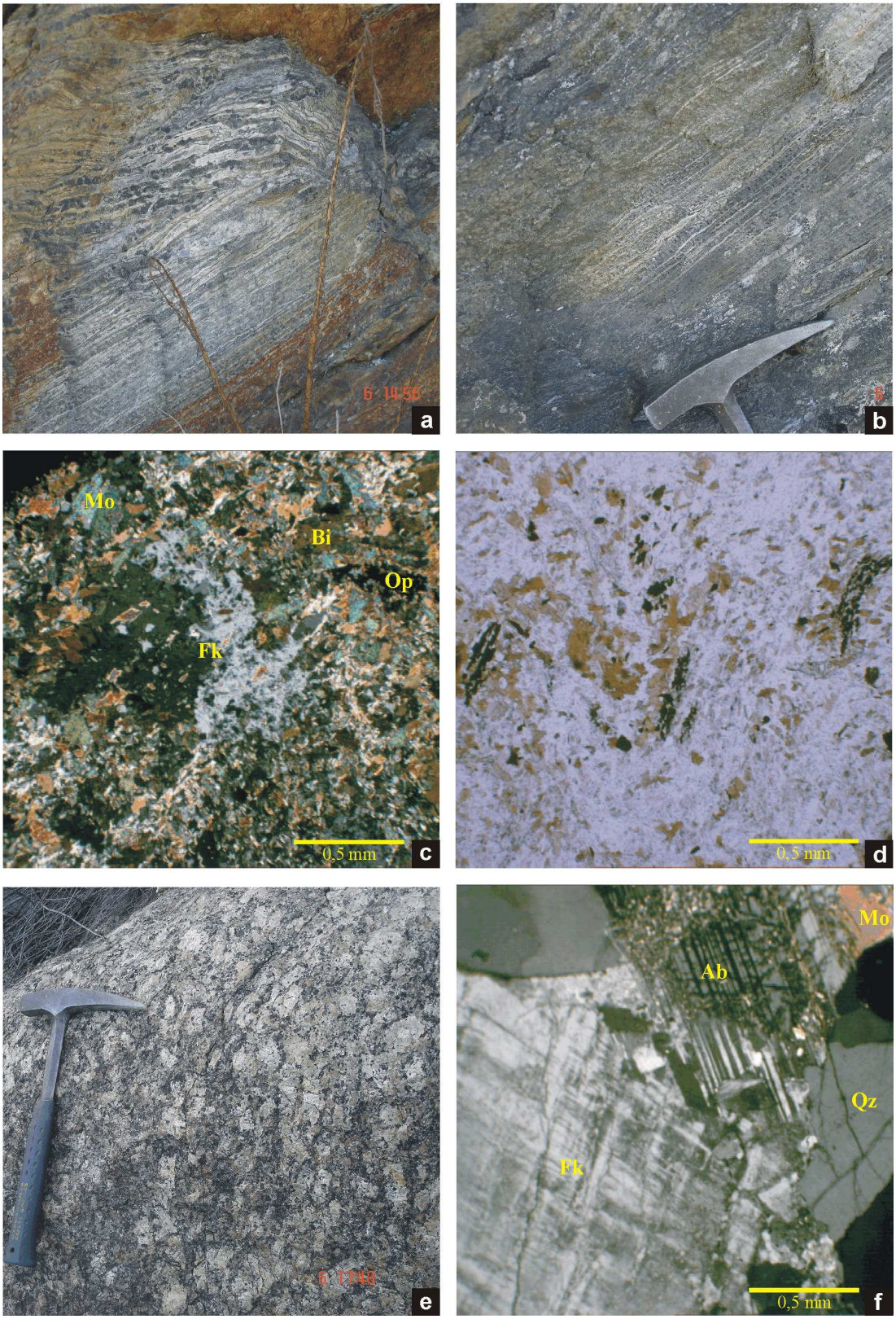
ESTAMPA 3



Estampa 4 – *Aspectos Macro e Microscopicos dos metassedimentos da Formação Santos e dos Granitos de Amarante*

a-b, fotos de campo dos materiais dos níveis superiores da Formação Santos (a, estratificação cruzada; b, alternância ritimica de pelitos e metassiltitos finamente laminados); **c-d**, aspectos microscópicos das litologias características da Formação Santos [c, textura granolepidoblástica, onde se destaca a ocorrência de cristais de feldspato (Fk), biotite (Bi), moscovite (Mo), e opacos (Op), (N+); d, deformação de S_0 marcada pelo alinhamento de opacos (N//)]; **e-f**, Granito porfiróide de grão grosseiro de Amarante [e, aspecto de campo; f, aspecto da textura porfiróide com mega cristais de microclina-pertite poecilíticos (Fk), de plagioclase (Ab), de moscovite (Mo) e de quartzo (Qz) (N+).

ESTAMPA 4



Ver ficheiro “Perfil Geológico segundo o eixo da via”

3.3. GEOTECNIA

O programa de prospecção, realizado no ano de 1980, envolveu a execução de perfis de refracção sísmica e trados de prospecção com recolha de amostras remexidas para posterior análise laboratorial. Serão de seguida apresentados os resultados obtidos nesse programa de prospecção, assim como algumas considerações acerca dos mesmos. Serão ainda apresentados os resultados de uma campanha de prospecção realizada no âmbito do presente trabalho, no sentido de avaliar os taludes presentes no troço.

Avaliação de Descontinuidades Planares dos Taludes

O itinerário em estudo é uma estrada de montanha, condicionada pela difícil topografia do terreno, apresenta perfis a meia encosta, pelo que apresenta taludes de elevada dimensão. Dado o elevado número de taludes e a grande dimensão de muitos deles, revelou-se imprescindível a sua análise. Foi então desenvolvido um trabalho de campo no sentido de avaliar a sua estabilidade, através de um estudo das descontinuidades planares dos mesmos (vd., anexo nº1, nº2 e nº3). Na posterior análise dos resultados, no caso concreto das cunhas (ruptura de blocos prismáticos), foi utilizado o teste de Markland. Este consiste na verificação do posicionamento da recta de intersecção das descontinuidades que delimitam as bases do bloco relativamente ao "círculo de atrito", definido através do ângulo de atrito Φ [75]. Apesar de este não se encontrar definido, é apontado um valor médio de 30º, que dadas as circunstâncias poderá ser um valor um pouco conservativo, uma vez que o processo de ruptura em análise poderá ser acelerado devido à presença de argilas expansivas resultantes dos feldspatos, e devido à acção da cunha de gelo, bastante comum no Inverno, face às amplitudes térmicas do local.

Apresentam-se nas páginas seguintes os resultados deste trabalho de campo, cujo esquema abaixo representado facilita a rápida interpretação dos mesmos, e também a planta com os respectivos taludes analisados.

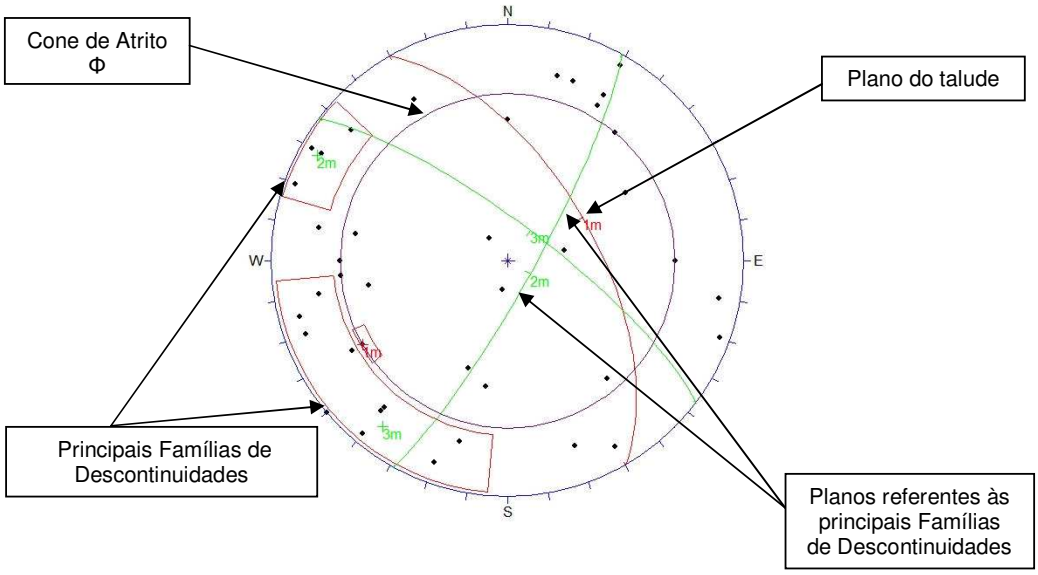
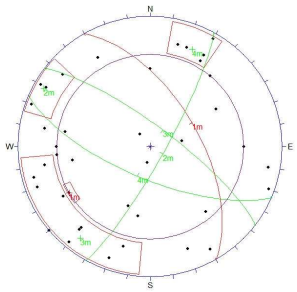
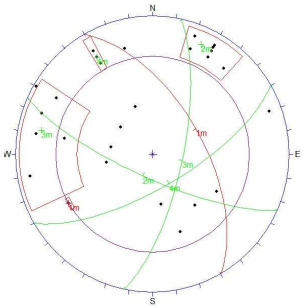
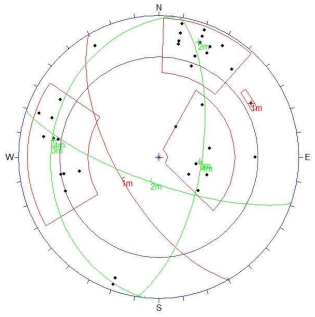
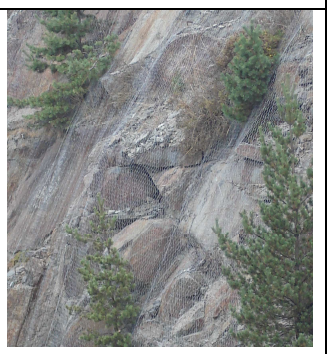
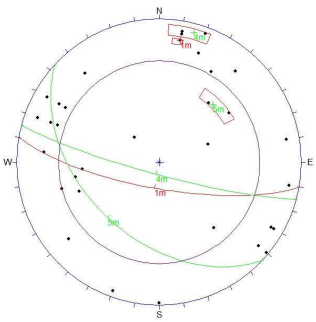
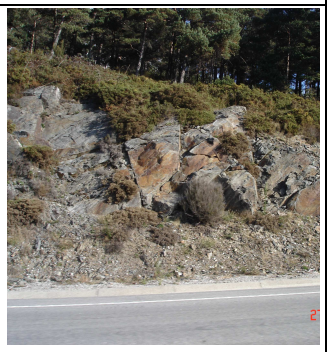


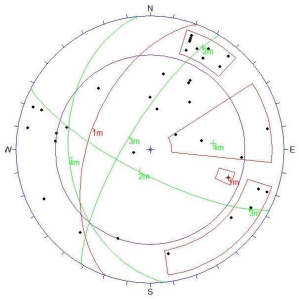
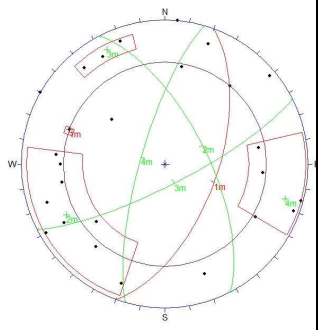
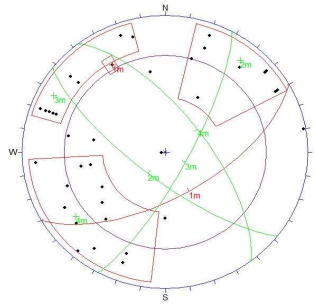
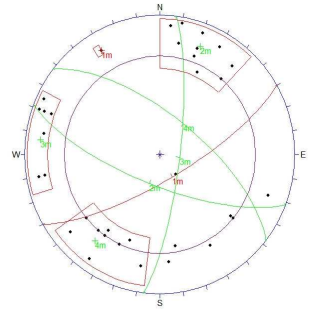
Fig. 20 – Esquema interpretativo da análise efectuada aos taludes

Ver ficheiro “Planta do Planta do Itinerário Principal nº4 e respectivos taludes”

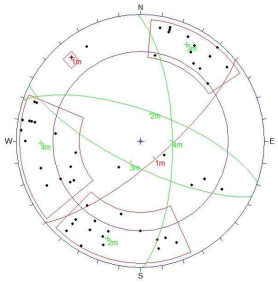
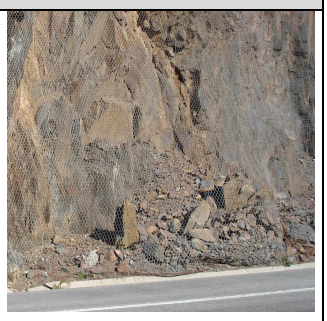
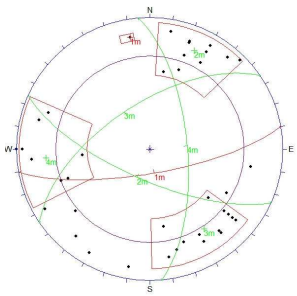
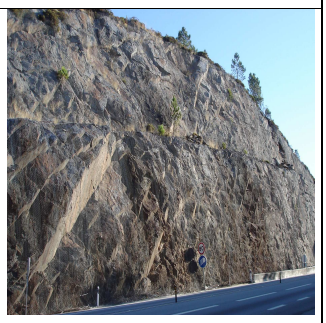
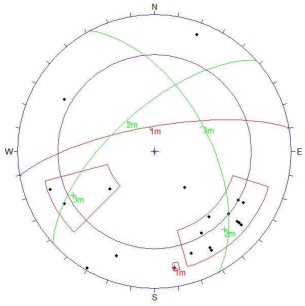
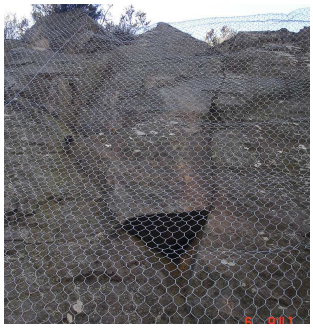
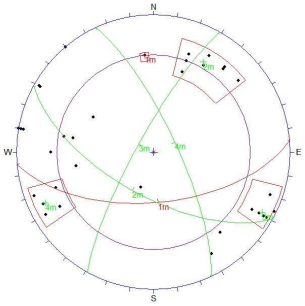
Quadro 21 – Análise de descontinuidades planares dos taludes do [1; 3]

Talude nº	**Posição relativa das famílias de descontinuidades mais problemáticas em relação ao talude**	**Mecanismos de deterioração e tipos de ruptura observados e potenciais**	**Fotos**
1		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Queda de Blocos; Grau de alteração:W_2 –W_3; Com rede de protecção; Alguma vegetação;	
2 (LS)		▪ Ruptura por blocos prismáticos; Grau de alteração: W_2; Com rede de protecção; Alguma vegetação;	
2 (LN)		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Ruptura planar; Grau de alteração: W_2;	
3		▪ Queda de blocos Grau de alteração: W_2 – W_3 Alguma vegetação; Com rede de protecção;	

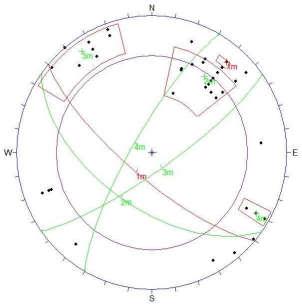
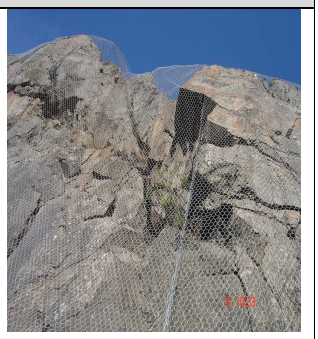
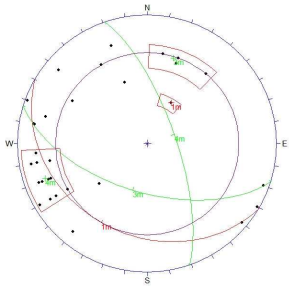
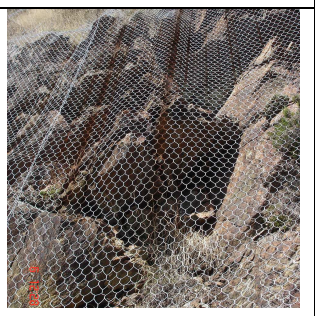
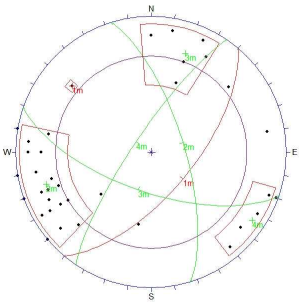
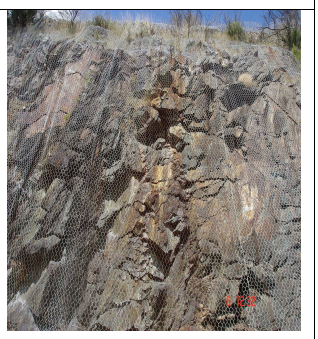
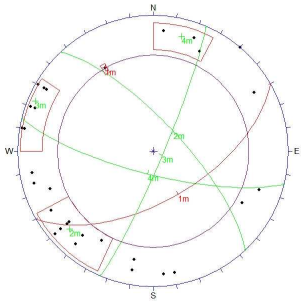
Quadro 22 – Análise de descontinuidades planares dos taludes do [4; 6.1N]

Talude nº	**Posição relativa das famílias de descontinuidades mais problemáticas em relação ao talude**	**Mecanismos de deterioração e tipos de ruptura observados e potenciais**	**Fotos**
4		▪ Ruptura planar; ▪ Ruptura por blocos prismáticos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Alguma vegetação;	
5.1		▪ Ruptura por blocos prismáticos (-); ▪ Toppling ▪ Queda de blocos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Alguma vegetação Com rede de protecção	
5.3		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Queda de blocos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Alguma vegetação Com rede de protecção	
6.1 (LN)		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Queda de blocos; ▪ Fluxo de detritos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Com rede de protecção	

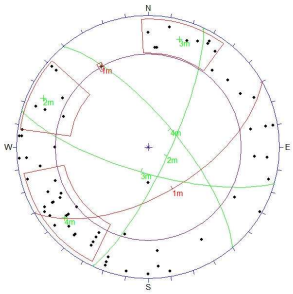
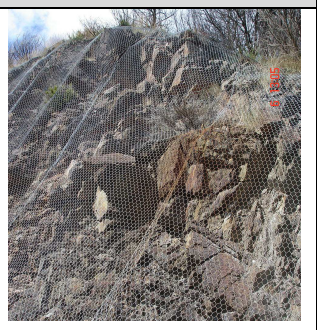
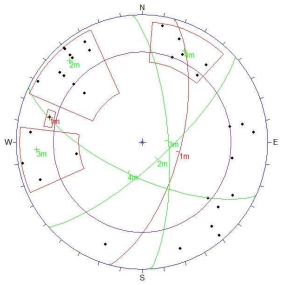
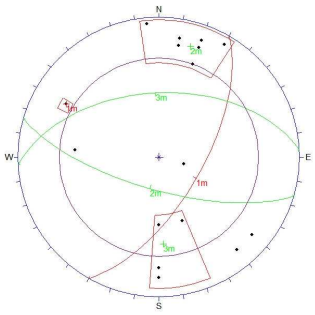
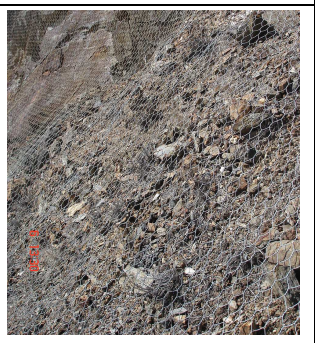
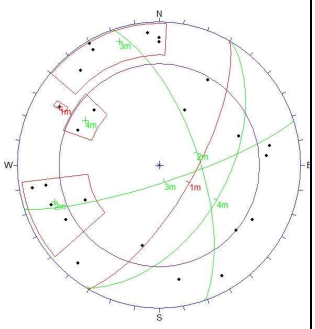
Quadro 23 – Análise de descontinuidades planares dos taludes do [6.2N; 7]

Talude nº	**Posição relativa das famílias de descontinuidades mais problemáticas em relação ao talude**	**Mecanismos de deterioração e tipos de ruptura observados e potenciais**	**Fotos**
6.2 (LN)		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Queda de blocos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Com rede de protecção	
6.3 (LN)		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Toppling; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Com rede de protecção	
6 (LS)		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Queda de blocos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Com rede de protecção	
7		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Queda de blocos; ▪ Fluxo de detritos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$	

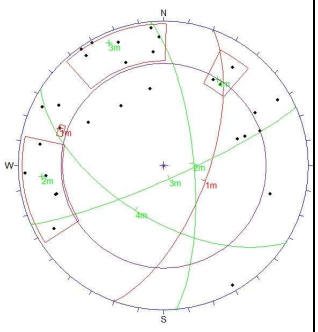
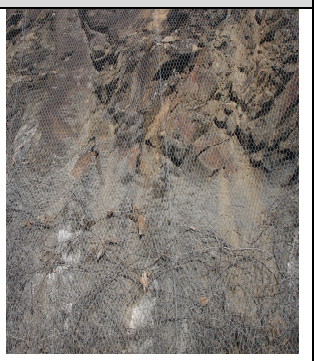
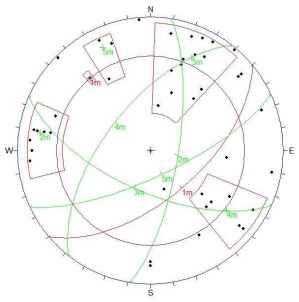
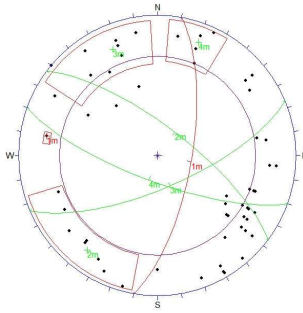
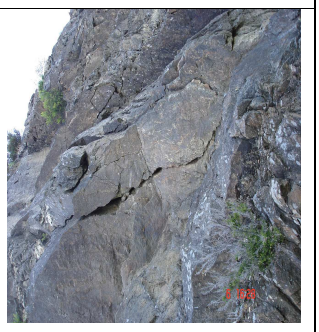
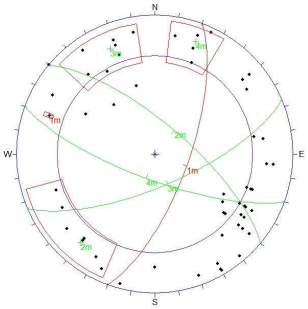
Quadro 24 – Análise de descontinuidades planares dos taludes do [8; 9.3]

Talude nº	**Posição relativa das famílias de descontinuidades mais problemáticas em relação ao talude**	**Mecanismos de deterioração e tipos de ruptura observados e potenciais**	**Fotos**
8		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Ruptura planar; ▪ Queda de blocos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Com rede de protecção	
9.1		▪ Ruptura planar; ▪ Queda de rochas; Grau de alteração: W_3 Com rede de protecção	
9.2		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Toppling; ▪ Fluxo de detritos Grau de alteração: W_3 Com rede de protecção	
9.3		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Fluxo de detritos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Com rede de protecção	

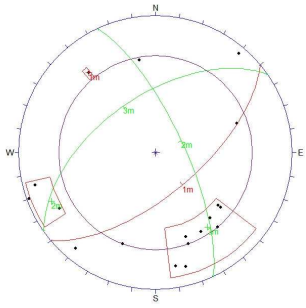
Quadro 25 – Análise de descontinuidades planares dos taludes do [10.1; 11]

Talude nº	**Posição relativa das famílias de descontinuidades mais problemáticas em relação ao talude**	**Mecanismos de deterioração e tipos de ruptura observados e potenciais**	**Fotos**
10.1		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Fluxo de detritos; Grau de alteração: W_3 Com rede de protecção	
10.2		▪ Ruptura planar; ▪ Fluxo de detritos; Grau de alteração: $W_3 – W_4$ Com vegetação Com rede de protecção	
10.3		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Queda de rochas; ▪ Fluxo de detritos; Grau de alteração: W_3 Com rede de protecção	
11		▪ Ruptura por blocos prismáticos; ▪ Ruptura planar; ▪ Fluxo de detritos; Grau de alteração: $W_2 – W_3$ Com vegetação	

Quadro 26 – Análise de descontinuidades planares dos taludes do [12; 14.2]

Talude nº	Posição relativa das famílias de descontinuidades mais problemáticas em relação ao talude	Mecanismos de deterioração e tipos de ruptura observados e potenciais	Fotos
12		▪ Ruptura por blocos prismáticos: Grau de alteração: W_2 Com banqueta Com betão projectado	
13		▪ Ruptura plana; ▪ Queda de rochas; Grau de alteração: W_2 Com banqueta Com rede de protecção	
14.1		▪ Ruptura por blocos prismáticos; Grau de alteração: W_3 Com banqueta Sem rede de Protecção	
14.2		▪ Ruptura por blocos prismáticos; Grau de alteração: W_3 Com alguma vegetação Sem rede de protecção	

Quadro 27 – Análise de descontinuidades planares do talude do [14.3]

Talude nº	**Posição relativa das famílias de descontinuidades mais problemáticas em relação ao talude**	**Mecanismos de deterioração e tipos de ruptura observados e potenciais**	**Fotos**
14.3		▪ Queda de rochas; Grau de alteração: W_3 Sem grau de alteração	

No troço em estudo regista-se um maior número de taludes escavados em metassedimentos do que em granito. Esta rocha plutónica aflorante nos quilómetros iniciais do traçado analisado, apresenta um elevado nível de meteorização, com uma classificação Weathering média de W_3 – W_4. Ao longo do traçado é frequente a observação de exsurgências de água, que poderão por em causa a estabilidade dos taludes, apesar de estes se encontrarem protegidos com redes de aço galvanizado e, em alguns locais, com betão projectado.



Foto nº33 – Aspecto dos Taludes de Granito



Foto nº34 – Arenização dos taludes

Prospecção Mecânica – Sondagens a Trado

Foram então realizadas 20 sondagens a trado, com objectivo de definir as condições geológicas dos estratos locais atravessados, avaliar a espessura da Terra Vegetal, determinar a posição do nível freático, e ainda obter amostras remexidas para ensaios de laboratório [15] [16].

Legenda:

- **γπg.W_{2a}** – Rochas graníticas em estado de alteração pouco avançado. São granitos porfiroídes de grão grosseiro, de duas micas, medianamente a pouco alterado;
- **γπg.W_{2b}** – Corresponde à rocha granítica medianamente a muito alterada e muito fracturada onde ainda é praticável o desmonte por meios mecânicos;
- **γπg.W_{3a}** – Horizonte de alteração onde a rocha granítica ocorre decomposta a muito alterada;
- **γπg.W_{4a}** – Areias grosseiras a médias, siltosas, feldspáticas, micáceas, com fragmentos da rocha matriz, cinzento-amareladas – Saibro Granítico;
- **Sa.W_{4a}** – Dadas as condições hidrodinâmicas locais, impostas pela acentuada inclinação das vertentes e linhas de água atravessadas, este horizonte de alteração, apresenta reduzida expressão. Em regra, a rocha xistosa referente à Formação Santos, ocorre aflorante com um ou outro local onde é intersectada a cobertura superficial do solo tipo esquelético. A sua composição envolve siltes arenosos com fragmentos de matriz acastanhados;
- **X.W_{2a}** – Rochas siltosas do Complexo Xisto – Grauváquico medianamente alteradas;
- **X.W_{2b}** – Xistos sericíticos e xistos grauvacoídes muito alterados e medianamente alterados;
- **X.W_{4a}** – Siltes arenosos com fragmentos de rocha matriz, castanho acinzentados;

É notória a ausência de quaisquer sondagens a trado nos materiais ordovícicos (Fm. Moncorvo e Fm. Guadramil) intersectados pelo troço do IP4 estudado neste trabalho. Conforme referido anteriormente, a acentuada deformação e a significativa capa de alteração superficial destas rochas poderão ter justificado esta decisão técnica, pois a interpretação dos resultados seria difícil e eventualmente contraditória no decurso da obra.

No quadro que se segue, apresentam-se as principais características dos solos através dos solos alvos de sondagens:

Quadro 28 – Resultados das sondagens a trado [15] [16] (Estudo Geológico-Geotécnico da Variante à EN15)

Trado	Localização Aproximada	Profundidade Atingida (m)	Formação Intersectada	Espessura da terra vegetal (m)	Profundidade da amostra (m)
58	12+100	2,8	$\gamma\pi g.W_{2a}$	1,2	
59	12+400	2,0	$\gamma\pi g.W_{4a}$	0,5	0,5 – 2,0
60	12+675	1,50	$\gamma\pi g.W_{3a}$	-----	0,0 – 1,50
61	12+925	2,20	$\gamma\pi g.W_{3a}$	0,4	
62	13+225	1,50	$\gamma\pi g.W_{4a}$	----	0 – 1,50
63	13+400	2,80	$\gamma\pi g.W_{2a}$	0,3	
64	13+750	4,0	$\gamma\pi g.W_{2a}$	----	
65	13+900	3,30	$\gamma\pi g.W_{4a}$	----	
66	13+975	2,70	$\gamma\pi g.W_{2b}$	0,60	
67	14+175	3,0	$\gamma\pi g.W_{4a}$	0,50	0,5 – 3,0
68	14+550	2,60	$\gamma\pi g.W_{4a}$	0,30	
69	14+675	2,60	$Sa.W_{4a}$	----	0,0 – 1,0
70	18+225	2,90	$X.W_{2a}$	0,50	0,5 – 2,0
71	18+475	2,0	$X.W_{2a}$	0,60	
72	18+750	2,20	$X.W_{2b}$	0,5	
73	18+975	2,0	$X.W_{2b}$	0,3	
74	19+075	1,90	$X.W_{2b}$	0,3	
75	19+375	2,0	$X.W_{2b}$	0,4	0,4 – 2,0
76	19+500	3,8	$X.W_{4a}$ $X.W_{2b}$	----	
77	19+650	2,8	$X.W_{2b}$	1,0	1,0 – 2,70
78	19+875	4,20	$X.W_{4a}$ $X.W_{2b}$		

Ensaios de Penetração Dinâmica Ligeira (PDL)

Os ensaios de penetração dinâmica ligeira, são realizados com o objectivo de avaliar a capacidade resistente ao nível da fundação dos aterros, ou, de um modo preliminar, da fundação das Obras de Arte, caracterizando as camadas de solos compressíveis ou de fraca compacidade que aí podem ocorrer, permitindo uma análise da eventual necessidade de se proceder ao tratamento dos mesmos [41].

Através do ensaio é definida a resistência dinâmica aparente (Q), pela fórmula "dos Holandeses", que se encontra na página seguinte:

$$Q = \frac{M^2 \times H}{S \times (M + P)} \times \frac{1}{e} \qquad (3.1)$$

M – Peso do pilão ≈10N;

P – Peso das varas e batente ≈10N;

S – Secção transversal da barra [cm^2];

H – Altura da queda do pilão [cm];

E – Penetração unitária por pancada [cm];

Q – Capacidade de carga de uma estaca [kgf/cm^2];

Na zona em estudo foi apenas realizado um PDL, ao km 13+575, provavelmente por ser um local de difícil acesso onde equipamento mais pesado (cujos resultados seriam mais fiáveis) não conseguiria ser transportado.

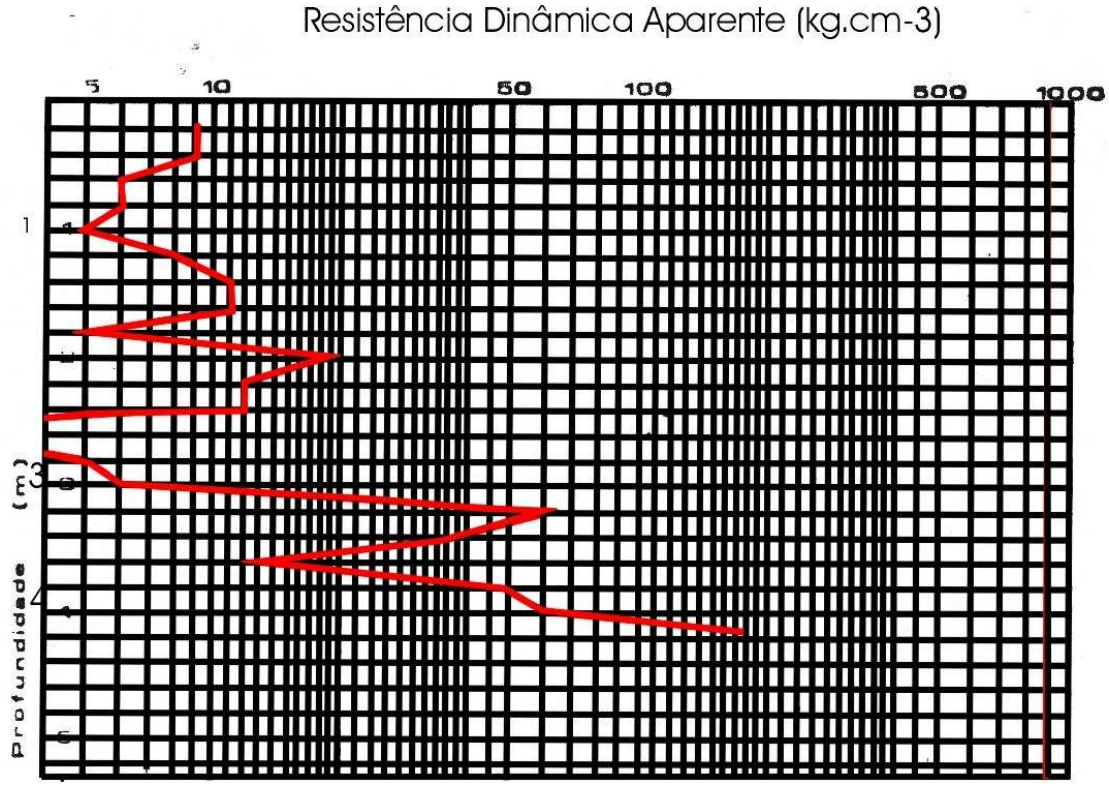


Fig.22 – Resultado do PDL ao km 13+575 (Dados Projecto Geológico-Geotécnico à EN15)

Numa rápida análise ao gráfico obtido através do PDL, apenas a partir dos 4 metros de profundidade os valores obtidos são superiores $60kgf/cm^2$, o que corresponde a N (SPT) > 15, sendo arenoso o tipo de solo. É possível então estimar uma resistência à compressão simples que ronda os 0,2MPa.

Através de um pequeno exemplo é possível justificar o raciocínio apresentado:

Admitindo: $\phi = 30mm \Rightarrow S = 7{,}1cm^2$;

$M = 10kgf$;

$P = (2{,}55 + 1{,}61 \times v)$, em que v é o número de varas;

$H = 50cm$;

$n = \frac{10}{e}$, número de pancadas necessárias para a penetração de 10cm;

Substituindo os dados na fórmula "dos Holandeses" anteriormente apresentada, vem que:

$$Q\left[kgf/cm^2\right] = \frac{10^2 \times 50}{7{,}1 \times (10 + 2{,}55 + 1{,}61v)} \times \frac{n}{10} = \frac{70}{12{,}55 + 1{,}61 \times v} \times n$$

Se para a penetração de 10cm são necessárias 15 pancadas (como foi previamente considerado), e considerando 12 varas.

$$Q = \frac{70}{12{,}55 + 1{,}61 \times 12} \times 15 \approx 33kgf/cm^2 = 3{,}3MPa$$

A relação entre o resultado do SPT e a resistência dinâmica de ponta é dada por:

$$Q\left[kgf/cm^2\right] = x \times N(SPT) \quad (3.2)$$

Para a resistência obtida e com o N (SPT) considerado, determinou-se um x=2,2, levando a classificar o solo como siltoso, resultado que contraria a consideração anteriormente feita, levando a concluir que o solo em questão não é arenoso. De facto na zona em questão são observados campos agrícolas, cujos solos apresentam elevado teor orgânico, que poderão ter afectado os resultados.

Prospecção Geofísica – Perfis de Refracção Sísmica

A realização de uma campanha de perfis de refracção sísmica teve como objectivo o zonamento dos maciços, em termos de velocidade de propagação das ondas sísmicas longitudinais (Ondas P), em zonas de escavação. Este zonamento, em conjunto com os resultados das sondagens mecânicas e com as observações de campo, permite a avaliação de escavabilidade/ripabilidade dos maciços nas zonas de escavação e o tipo de equipamento a usar. Os perfis permitem ainda a obtenção de elementos para determinação da espessura dos diferentes estratos [52].

A ordem de grandeza de velocidade das Ondas P permite classificar os estratos atravessados do seguinte modo [27]:

- Rocha sã: 5000m/s;
- Rocha medianamente alterada: 2.200m/s;
- Rocha muito alterada: 500 e 700m/s;
- Formação arenosa seca: < 300m/s;
- Formação arenosa húmida: 300 e 700m/s;
- Formação argilosa seca: < 600m/s;
- Formação argilosa húmida: ≈1.500m/s;

NOTA: Com uma velocidade de 1.500m/s será conveniente a realização de um ensaio de penetração mecânica, pois apesar de esta velocidade se referir às formações rochosas muito alteradas a mediamente alteradas também se pode referir a argilas abaixo do nível freático.

O quadro que se segue apresenta os valores médios das ondas sísmicas referentes ao ponto médio dos perfis, é ainda importante mencionar que estes, nas peças desenhadas do projecto Geológico-Geotécnico estão localizados exactamente no eixo do traçado (situação paradoxal, uma vez que aquando da realização dos ensaios o traçado ainda não se encontrava completamente definido), e a sua orientação também não é indicada (posição exacta dos geofones). Os perfis sísmicos dos quais foram retirados os valores médios a seguir apresentados, encontram-se em anexo.

Quadro 29 – Valores médios das velocidades ondas sísmicas longitudinais [PS37; PS45] (Dados Projecto Geológico-Geotécnico da Variante à EN15 [18])

Perfil Sísmico	Localização Aproximada (Km)	Formações Atravessadas	Velocidade de propagação das ondas sísmicas (m/s)	Profundidade (m)
PS 37	12+225	γπg	280 < v < 500	0 a 4,5
			1250 < v < 1880	4,5 a 11,25
			2000 < v < 2500	> 11,25
PS 38	12+450	γπg	v ≈ 380	0 a 1,0
			v ≈ 830	1,0 a 6,0
			v ≈ 1670	6,0 a 16,25
			v ≈ 3000	> 16,25
PS 39	13+200	γπg	v ≈ 540	0 a 2,0
			1250 < v < 1670	2,0 a 6,0
			v ≈ 2500	6,0 a 8,5
			v ≈ 3330	> 8,5
PS 40	13+775	γπg	530 < v < 600	0 a 13,75
			v ≈ 2000	13,75 a 15,9
			2860 < v < 3000	> 15,9
PS 41	13+925	γπg	310 < v < 500	0 a 3,0
			1250 < v < 1670	3,0 a 11,15
			1820 < v < 2500	> 11,15
PS 42	14+125	γπg	300 < v < 500	0 a 2,0
			930 < v < 1360	2,0 a 9,5
			v ≈ 2500	> 9,5
PS 43	14+525	γπg	420 < v < 630	0 a 3,0
			v ≈ 1020	> 3,0
PS 44	14+625	γπg	.360 < v < 460	0 a 3,0
			1140 < v < 1340	3,0 a 11,5
			v ≈ 2500	> 11,5
PS 45	14+750	γπg	v ≈ 910	0 a 2,5
			v ≈ 1250	2,5 a 4,25
			v ≈ 2500	> 4,25

Quadro 30 – Valores médios das velocidades ondas sísmicas longitudinais [PS46; PS57] (Dados Projecto Geológico-Geotécnico da Variante à EN15 [18])

Perfil Sísmico	Localização Aproximada (km)	Formações Atravessadas	Velocidade de propagação das ondas sísmicas (m/s)	Profundidade de ocorrência (m)
PS 46	14+825	γπg	v ≈ 1000	0 a 2,75
			v ≈ 1250	2,75 a 5,0
			v ≈ 2000	5,0 a 5,5
			2500 < v < 2850	> 5,5
PS 47	14+925	γπg	910 < v < 1420	0 a 2,5
			v ≈ 2300	2,5 a 3,75
			3000 < v < 3330	> 3,75
PS 48	15+025	γπg	630 < v < 1000	0 a 3,0
			2500 < v < 3330	> 3,0
PS 49	15+125	Sa	v ≈ 630	0 a 2,0
			1330 < v < 1940	2,0 a 6,50
			v ≈ 2220	> 6,50
PS 50	15+400	Sa	770 < v < 1000	0 a 1,75
			v ≈ 1430	1,75 a 2,5
			v ≈ 2500	> 2,5
PS 51	15+500	Sa	1540 < v < 1670	0 a 3,25
			2500 < v < 2770	3,25 a 6,5
			v > 3340	> 6,5
PS 52	15+575	Sa	500 < v < 720	0 a 2,0
			1430 < v < 1930	2,0 a 9,75
			2500 < v <2720	> 9,75
PS 53	15+675	Sa	v ≈ 530	0 a 1,0
			v ≈ 1660	1,0 a 3,75
			v ≈ 2850	> 3,75
PS 54	15+725	Sa	v ≈ 830	0 a 1,25
			v ≈ 1900	1,25 a 3,0
			v ≈ 2550	> 3,0
PS 55	15+775	Sa	670 < v < 1000	0 a 1,25
			v ≈ 1660	1,25 a 2,5
			v ≈ 2070	2,5 a 4,0
			2500 < v < 2720	> 4,0
PS 56	15+825	Sa	1250 < v < 1880	0 a 2,25
			v ≈ 2500	> 2,25
PS 57	15+875	Sa	v ≈ 500	0 a 1,5
			v ≈ 2000	1,5 a 2,5
			v ≈ 2500	> 2,5

Quadro 31 – Valores médios das velocidades ondas sísmicas longitudinais [PS58; PS68] (Dados Projecto Geológico-Geotécnico da Variante à EN15 [18])

Perfil Sísmico	Localização Aproximada (km)	Formações Atravessadas	Velocidade de propagação das ondas sísmicas (m/s)	Profundidade de ocorrência (m)
PS 58	15+950	Sa	830 < v < 1000	0 a 1,75
			v ≈ 2220	1,75 a 3,4
			2700 < v < 2850	3,4 a 8,0
			v ≈ 3640	> 8,0
PS 59	16+000	Sa	1000 < v < 1250	0 a 2,0
			2500 < v < 2660	2,0 a 7,25
			v ≈ 3340	> 7,25
PS 60	16+025	Sa	2000 < v < 2300	0 a 4,5
			v ≈ 2850	4,5 a 6,75
			v ≈ 4000	6,75 a 14,5
			v ≈4600	> 14,5
PS 61	16+075	Sa	v ≈ 830	0 a 0,5
			v ≈ 1200	0,5 a 2,25
			1660 < v < 1880	2,25 a 10,0
			2220 < v < 2660	> 10,0
PS 62	16+150	Sa	v ≈ 1080	0 a 3,25
			3000 < v < 3330	> 3,25
PS 63	16+350	Ocd	830 < v < 910	0 a 2,0
			1250 < v < 2000	2,0 a 8,5
			3330 < v < 3750	> 8,5
PS 64	16+525	Ocd	v ≈ 1000	0 a 2,25
			v ≈ 2500	2,25 a 11,0
			3640 < v < 4350	> 11,0
PS 65	16+650	Ocd	v ≈ 1250	0 a 3,5
			v ≈ 1860	3,5 a 4,25
			v ≈ 2500	> 4,25
PS 66	16+875	Ocd	830 < v < 1000	0 a 2,25
			v ≈ 1250	2,25 a 3,0
			v ≈ 1670	3,0 a 4,75
PS 67	17+050	Ocd	910 < v < 1000	0 a 2,0
			1500 < v < 1870	2,0 a 9,75
			3330 < v < 3640	> 9,75
PS 68	17+100	Ocd	v ≈ 300	0 a 3,5
			v ≈ 1400	3,5 a 4,5
			v ≈ 2500	> 4,5

Quadro 32 – Valores médios das velocidades ondas sísmicas longitudinais [PS69; PS80] (Dados Projecto Geológico-Geotécnico da Variante à EN15 [18])

Perfil Sísmico	Localização Aproximada (km)	Formações Atravessadas	Velocidade de propagação das ondas sísmicas (m/s)	Profundidade de ocorrência (m)
PS 69	17+250	Ocd	830 < v < 1000	0 a 2,25
			V ≈ 1250	2,25 a 3,0
			V ≈ 1670	3,0 a 4,75
			V ≈ 2220	4,75 a 11,5
			V ≈ 3330	> 11,5
PS 70	17+400	Ocd	630 < v < 1000	0 a 1,75
			v ≈ 1660	1,75 a 3,0
			2500 < v < 3000	> 3,0
PS 71	17+450	Ocd	v ≈ 1000	0 a 2,5
			v ≈ 1670	2,5 a 3,5
			v ≈ 2000	3,5 a 5,5
			v ≈ 3000	> 5,5
PS 72	17+725	Ocd	v ≈ 830	0 a 0,5
			v ≈ 1820	0,5 a 2,5
			2860 < v < 3000	> 2,5
PS 73	17+825	Ocd	1250 < v < 1500	0 a 4,0
			2220 < v < 2850	> 4,0
PS 74	17+925	Ocd	v ≈ 1670	0 a 0,5
			v ≈ 2000	0,5 a 3,25
			2500 < v < 3000	> 3,25
PS 75	18+000	Ocd	1120 < v < 1200	0 a 1,75
			1660 < v < 2000	1,75 a 5,75
			3120 < v < 3330	> 5,75
PS 77	18+500	X	830 < v < 1000	0 a 3,0
			v ≈ 1200	3,0 a 4,0
			2150 < v < 2850	4,0 a 10,0
			v ≈ 3330	> 10,0
PS 78	18+800	X	v ≈ 770	0 a 2,75
			v ≈ 1340	2,75 a 3,75
			v ≈ 2200	3,75 a 5,0
			2850 < v < 3000	> 5,0
PS 79	19+175	X	630 < v < 1000	0 a 2,0
			v ≈ 2500	2,0 a 80
			V ≈ 3330	> 8,0
PS 80	19+300	X	560 < v < 630	0 a 2,75
			v ≈ 1250	2,75 a 3,25
			v ≈ 2000	> 3,25

Quadro 33 – Valores médios das velocidades ondas sísmicas longitudinais [PS81; PS83] (Dados Projecto Geológico-Geotécnico da Variante à EN15 [18])

Perfil Sísmico	Localização Aproximada (km)	Formações Atravessadas	Velocidade de propagação das ondas sísmicas (m/s)	Profundidade de ocorrência (m)
PS 81	19+700	X	v ≈ 420	0 a 0,5
			1520 < v < 1820	0,5 a 0,75
			2080 < v < 2900	0,75 a 6,75
PS 82	19+925	X	v ≈ 440	0 a 1,75
			v ≈ 1260	1,75 a 5,75
			2000 < v < 3150	> 5,75
PS 83	19+950	X	420 < v < 560	0 a 2,25
			v ≈ 840	2,25 a 4,25
			v ≈ 1780	4,25 a 15,0
			v ≈ 3130	> 15,0

Considerações geotécnicas

Com base nos elementos apresentados anteriormente é efectuada, de seguida, referência às incidências de ordem geotécnica.

Decapagem

A espessura da camada a decapar, vulgarmente designada por "terra vegetal" e que corresponde ao horizonte superficial dos solos em contaminação orgânica, depende essencialmente da natureza das formações aflorantes, da morfologia do terreno e do tipo de vegetação que os reveste [52].

Em relação aos terrenos graníticos afectados pelo traçado (12+000km ao 14+675km), a espessura da terra vegetal, apesar de apresentar algumas flutuações, tem uma dimensão média de 30cm. A análise dos terrenos xistosos, observados do km 14+675 em diante, é apenas aplicável, no troço em questão do km 18+225 ao km 19+875, apresentando uma espessura máxima de cerca de 1 metro. O facto de não se apresentarem resultados entre os km 14+675 ao 18+225, é justificada através das condições hidrodinâmicas locais impostas pelas condições de vertente e linhas de água atravessadas, que promovem uma forte meteorização que impede os mecanismos de alteração e deposição actuarem com alguma relevância [15].

A terra vegetal decapada seria normalmente transportada a depósito provisório próximo, com vista à reutilização no revestimento vegetal dos taludes e escavação com inclinações compatíveis à sua utilização.

Escavações

A análise para a execução das escavações necessárias à implantação do traçado (escavabilidade e geometria dos taludes), será feita com base nas características litológicas, estruturais e hidrológicas das formações.

Quanto às características hidrológicas da área, é importante mencionar o entalhamento profundo das linhas de água, quer nas áreas onde afloram as rochas intrusivas quer naquelas onde se identificam rochas metamórficas (em que muitas vezes o curso das linhas de água são condicionadas pela xistosidade e estratificação). Relativamente às características hidrogeológicas, segundo o projecto foram estabelecidos: aquíferos de permeabilidade por fissuração, que dependendo do grão e fissuração apresentada podem mobilizar caudais de relevante importância; e aquíferos do tipo misto (porosidade + permeabilidade), sendo que estes se estabelecem em relação às rochas graníticas decompostas e muito alteradas havendo por vezes o registo de fenómenos de erosão interna [15].

É importante referir ainda que o local em questão apresenta temperaturas bastante baixas durante as estações frias, pelo que deverão ser considerados os ciclos de gelo – degelo abaixo da fundação do pavimento, em zonas em que o nível da água é próximo da cota da rasante.

Ripabilidade

Com base nas observações de campo relativas à litologia, estrutura dos maciços a escavar, estado de alteração e fracturação (classificação Weathering – W) e com os resultados dos trabalhos de prospecção, foi efectuada uma avaliação de escavabilidade.

A estimativa da ripabilidade será efectuada considerando-se que a situação de desmonte com meios mecânicos, teria como equipamento de topo o "ripper" D9G (Catterpilar®).

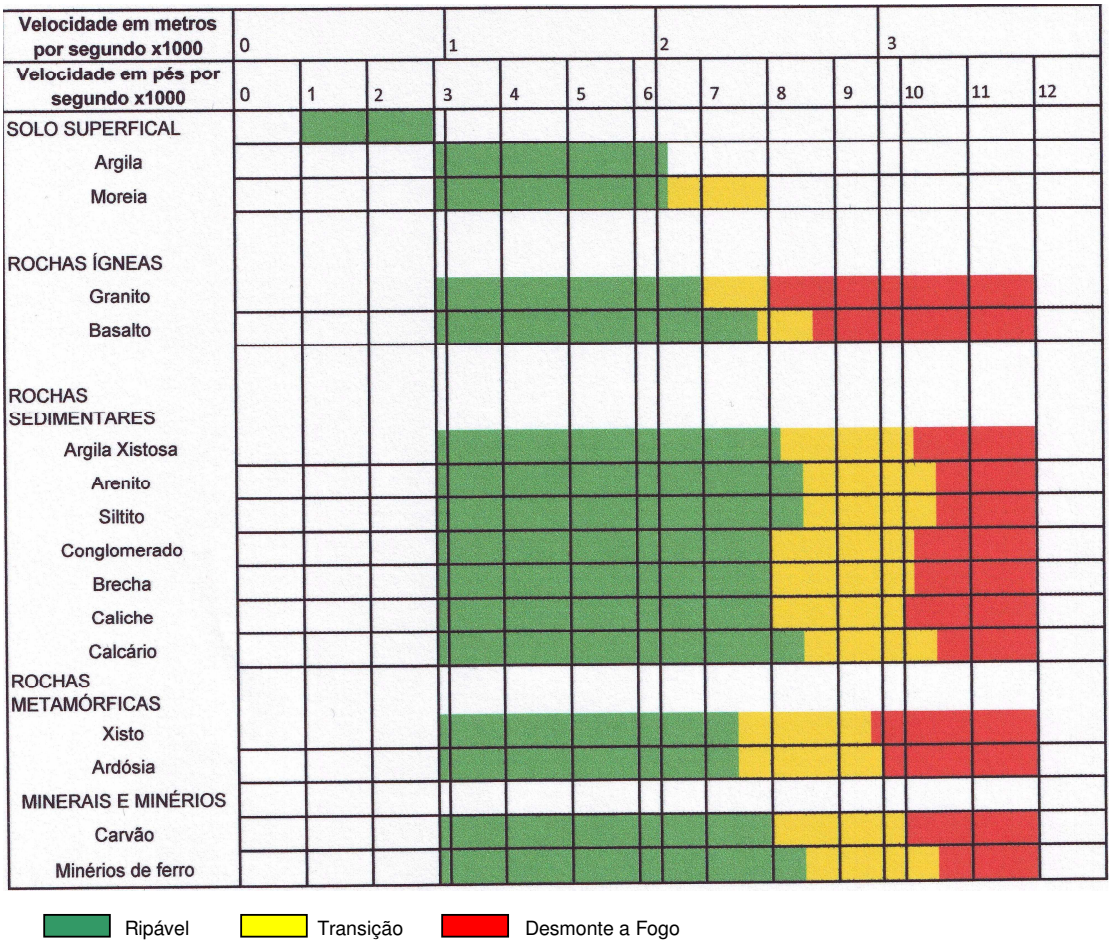


Fig.23 – Adaptado de "Carta de ripabilidades para ripper D9G" – Performance Handbook – Edition 2, s/data[104]

Numa análise sumária da carta de ripabilidade acima apresentada, prevê-se que para velocidade inferiores a 2150m/s nos granitos e a 2300m/s nos xistos os terrenos sejam ripáveis, sendo que o desmonte a fogo é inevitavelmente necessário quando são registadas velocidades superiores a 2500m/s no granito e 2800m/s nos xistos.

Os registos da velocidade das ondas sísmicas nas formações graníticas da área em estudo, apresentam uma certa irregularidade devido ao seu estado de alteração. No entanto é possível afirmar que para profundidades não superiores a 8,0 as velocidades não excedem 2500m/s. Poderá no entanto referir-se que nas proximidades do km 13+200 para profundidades superiores a 8,5m as velocidades das ondas sísmicas atingem os 3300m/s.

Após o km 14+640, onde se começam a observar as rochas metamórficas, as velocidades registadas são bastante superiores às registadas nos quilómetros anteriores. Para profundidades superiores a 10,0m, são frequentemente registadas velocidades de 3000m/s ou superiores, sendo que a velocidade máxima obtida é de 4600m/s.

Geometria dos taludes

A geometria de taludes de escavação é também baseada nos mesmos pressupostos em que se baseou a análise da ripabilidade.

É importante relembrar que, na área em estudo, o traçado se desenvolve com características de meia encosta, havendo por isso um compromisso, referido no projecto, entre as inclinações recomendadas para o talude interior e a minimização das cotas de trabalho induzidas na encosta.[15]

Para os quilómetros iniciais do troço, onde são observadas as formações graníticas (km12+000 ao km14+640), são recomendadas no projecto inclinações com V/H=1,5/1, para os horizontes granítico mais alterados e V/H=2/1 onde o estado de alteração não é tão significativo [15].

As formações xistosas, observadas do km 14+640 até ao final da área em estudo mereceram por parte dos projectistas um cuidado acrescido, no que respeita à atitude das principais famílias de compartimentação, xistosidade, estratificação e eventual diaclasamento com atitude desfavorável. É afirmado no projecto que:

"Deve referir-se que, genericamente, as superfícies de compartimentação têm atitude favorável quer porque inclinam para o interior das encostas, ou porque têm elevados valor de pendor. Por outro lado as poucas famílias de diaclasamento com atitude desfavorável referenciadas, têm pequena continuidade, elevado espaçamento e são muito rugosas; são ainda intersectadas por famílias de diaclasamento muito desenvolvida, com grande continuidade e reduzido espaçamento, com pendor de cerca de 60º para o interior da encosta, pelo que os volumes potencialmente instabilizáveis são reduzidos."[15]

Foi no entanto, no decorrer dos reconhecimentos de campo integrados no presente trabalho possível avaliar os taludes nesta área, relativamente à xistosidade e grau de alteração apresentado, cujos resultados foram atrás apresentados. Adiante se referem as conclusões a que se chegou, nem sempre coincidenters com o optimismo que transparecia cno Projecto da Variante à EN15 (futuro IP4).

O quadro que se segue, apresenta as inclinações, presentes no projecto, adoptadas para os taludes de escavação. É ainda efectuada uma análise, se bem que meramente indicativa, do tipo de desmonte a utilizar, tendo em conta a altura máxima registada desde a cota do terreno até à cota da rasante no eixo, os perfis sísmicos realizados nas proximidades dos taludes e a velocidade média das ondas sísmicas para a qual não é adequado o uso do "ripper". (Formações graníticas – 2300m/s; Formações metamórficas – 2550m/s)

Quadro 34 – Inclinações dos taludes (Dados do "Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15" [15]) e tipo de desmonte a realizar

Localização Aproximada	Inclinação do Talude (V/H)	Altura (m)	Desmonte Mecânico (%)	Desmonte com explosivos (%)
13+175 a 13+225	2/1 e 3/2	11	77	23
13+750 a 13+800	3/2	8	100	0
13+925	3/2	10	100	0
14+500 a 14+625	3/2	8	100	0
14+825 a 14+850	3/1 e 3/2	20	27,5	73,5
15+075 a 15+475	3/1 e 3/2	17	14	86
15+625	2/1	20	48,75	51,25
15+650 a 15+700	3/1 e 2/1	15	25	75
15+725	2/1	15	20	80
15+800 a 15+875	2/1	13	19	81
15+900	3/1	8	31,25	68,75
15+975 a 16+275	3/1	10	32,5	67,5
16+325 a 16+375	3/1 e 2/1	12	71	29
16+400 a 16+600	3/1	12	91	9
16+625 a 16+775	3/1 e 2/1	13	32	68
16+800 a 16+900	2/1	7	100	0

Quadro 35 – Inclinações dos taludes (Dados do "Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15") e tipo de desmonte a realizar

Localização Aproximada	Inclinação do Talude (V/H)	Altura máxima (m)	Desmonte Mecânico (%)	Desmonte com explosivos (%)
17+050	3/1	15	65	35
17+075 a 17+100	3/1 e 2/1	21	21	79
17+125	3/1	14	21	79
17+175 a 17+250	3/2	4	100	0
17+425	3/1	14	47	53
17+450 a 17+525	3/1	21	26	74
17+550 a 17+800	3/1	10	25	75
17+950	2/1	4	25	75
17+975 a 18+025	3/1 e 2/1	16	36	64
18+050 a 18+300	2/1	5	72	28
18+425	2/1 e 1/1	7	57	43
18+750 a 18+875	2/1 e 1/1	7	71	29
19+025 a 19+225	3/1	10	80	20
19+600 a 19+775	3/2	8	84	16

Ensaios Laboratoriais

Os ensaios de laboratório que se efectuaram no âmbito do projecto da Variante à EN15 tiveram como objectivo a caracterização dos materiais terrosos e rochosos existentes ao longo do traçado, com vista a uma análise preliminar dos solos como materiais de construção e no que se refere à sua capacidade como suporte de pavimento.

As amostras de solo foram recolhidas através dos trados de prospecção (amostras remexidas). No total dos 8km de estrada, foram submetidos a ensaios de identificação e caracterização 10 amostras remexidas, 6 das quais correspondem a solos de alteração dos maciços graníticos e 4 a solos de alteração de rochas metamórficas. Os solos foram classificados de acordo com a classificação se solos de fins rodoviários, AASHO (E 240 – 1977) [40], com base nos ensaios:

- Análise Granulometrica ;
- Equivalente de Areia (E 199 – 1967) [38];
- Limites de Atterberg;

A classificação AASHO [40], é complementada com a atribuição ao solo em questão de um índice de grupo, dado pela expressão:

$$IG = 0{,}2 \times a + 0{,}005 \times a \times c + 0{,}01 \times b \times d \quad (3.3)$$

a – diferença, arredondada à unidade, entre o valor de (%) do material que passa no peneiro de 0,074mm (Nº200) e 35;

b – diferença, arredondada à unidade, entre o valor da (%) do material que passa no peneiro de 0,074mm (Nº200) e 15;

c – diferença entre o valor do limite de liquidez;

d – diferença entre o valor do índice de plasticidade e 10, porém pode adoptar-se d=20 se aquele índice for maior que 30 e d=0 se for menor que 10;

Após atribuição do índice de grupo ao solo em questão, é possível, através de um quadro presente a norma, caracterizá-lo correctamente para o fim rodoviário. Apresenta-se de seguida o quadro de classificação da norma de AASHO:

Quadro 36 – Tabela de Classificação AASHO (Adaptado Norma E 240 – 1970)

Tipo de solos	**Materiais Granulares [35% ou menos passando no peneiro de 0,074mm (nº200) ASTM]**						
Grupos e subgrupos	**A-1**		**A-3**	**A-2**			
	A-1-a	**A-1-b**		**A-2-4**	**A-2-5**	**A-2-6**	**A-2-7**
Granulometria - % passando nos peneiros ASTM:							
2,0 mm (nº10) ……..	50 máx						
0,420 mm (nº40)……	30máx	50 máx	51 máx				
0,074 mm (nº200) …….	15 máx	25 máx	10 máx	35máx	35máx	35máx	35 máx
Características da fracção passando no peneiro de 0,420 mm (nº40) ASTM:							
Limite de liquidez……..				40máx	41 mín	40máx	41 mín
Índice de plasticidade …….	6 máx		ñ plástico	10máx	10máx	11 mín	11 mín
Índice de grupo	0		0	0		4 máx	
Tipos usuais dos constituintes significativos dos materiais	calhau, seixo e areia		areia fina	seixo e areia siltosos ou argilosos			
Comportamento na camada sob o pavimento	excelente a bom					regular a muito mau	

Segue-se o quadro de resultados dos ensaios laboratoriais que permitem a classificação AASHO.

Quadro 37 – Resultados dos ensaios às amostras remexidas [15] (Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15)

Sond. nº	Prof. (m)	Litologia	Granulometria			E.A. (%)	ASSHO
			(%) < a 2,0 mm	(%) < a 0,42 mm	(%) < a 0,074 mm		
59	0,5 - 2,0	γπg.W_{4a}	34	14	6	44	A-1-a(0)
60	0,0 – 1,5	\πg.W_{3a}	28	11	5	44	A-1-a(0)
62	0,0 – 1,5	γπg.W_{4a}	42	14	3	60	A-1-a(0)
65	0,0 – 2,0	γπg.W_{4a}	34	14	6	44	A-1-a(0)
67	0,5 – 3,0	γπg.W_{4a}	71	30	16	44	A-1-b(0)
68	0,3 – 1,5	γπg.W_{4a}	50	20	8	56	A-1-a(0)
69	0,0 – 1,0	Sa.W_{4a}	83	63	23	46	A-2-4(0)
70	0,5 – 2,0	X.W_{2a}	28	24	17	----	A-1-b(0)
75	0,4 – 2,0	X.W_{2a}	20	15	12	----	A-1-a(0)
77	1,0 – 2,7	X.W_{2b}	50	37	25	----	A-2-5(0)

Apesar da referência ao ensaio para determinação dos Limites de Atterberg (limites de liquidez e plasticidade), estes não foram calculados. Tal facto é justificado através dos resultados obtidos pelo Ensaio Equivalente de Areia. Os resultados obtidos por esses ensaios são todos eles superiores a 30% sendo por esse motivo a determinação dos limites de liquidez e plasticidade dispensável.

Ensaios de Identificação e Classificação Geotécnica

Tendo por base os ensaios efectuados sobre as 4 amostras remexidas das formações metamórficas (Sa e X), obtiveram-se os seguintes resultados:

- Passados no peneiro Nº10 (ASTM) – [50;83] (%);
- Passados no peneiro Nº40 (ASTM) – [37;63] (%);
- Passados no peneiro Nº200 (ASTM) – [23;25] (%);
- Equivalente de Areia = 46%;

Relativamente à classificação rodoviária (AASHO), cerca de 50% incluem-se no grupo A-2, ou seja areias com siltes e/ou argila e os restantes 50% são solos do grupo A-1, constituídos por areias grossas com poucos finos e siltes areno-cascalhentas.

No que se refere aos resultados dos ensaios laboratoriais realizados sobre as 6 amostras remexidas das formações graníticas (γπg), verificam-se os intervalos:

- Passados no peneiro Nº10 (ASTM) – [28;71] (%);
- Passados no peneiro Nº40 (ASTM) – [11;30] (%);
- Passados no peneiro Nº200 (ASTM) – [28;71] (%);
- Equivalente de Areia - [44 60] (%);

No que se refere à classificação AASHO, as presentes amostras diferem claramente das anteriores por serem solos claramente arenosos. Estes incluem-se no grupo A-1 ou seja, constituídos por calhaus ou cascalho com (%) variáveis de areias grossas e finas.

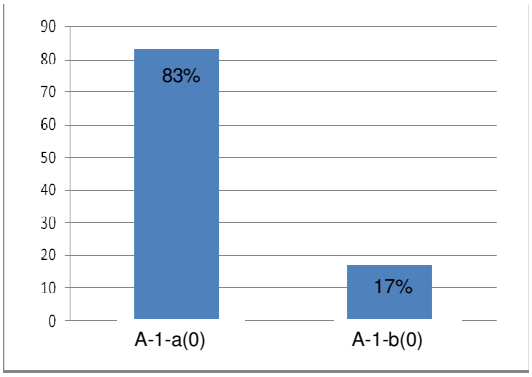


Fig.24 – Classificação AASHO – Solos Graníticos

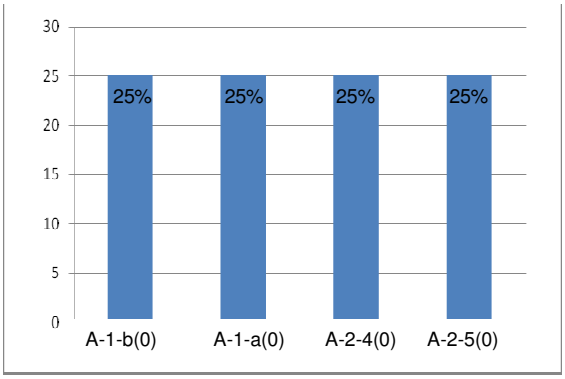


Fig.25 – Classificação AASHO – Solos xisto-grauvacóides

Ensaios de Compactação

O ensaio de compactação definido pela norma E 197 – 1966, estabelece as condições de colocação dos materiais nos aterros, ou seja a determinação da baridade máxima e teores de água óptimos ($\gamma_{dmáx}$ e W_{opt}). Este tipo e areia tem por objectivo identificar quais os solos provenientes das escavações e que poderão ser reutilizados, assim como também controlar o grau de compactação exigido pelo caderno de encargos.

O tipo de compactação utilizada foi Proctor Modificado [44]:

Quadro 38 – Resultados dos ensaios de Compactação (Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15)

Sond. Nº	Prof. (m)	Litologia	W_{nat} (%)	Compactação	
				W_{opt} (%)	$\gamma_{dmáx}$ (%)
59	0,50 – 2,00	γπg.W_{4a}	----	10,2	2,023
60	0,00 – 1,50	γπg.W_{3a}	----	10,2	2,006
62	0,00 – 1,50	γπg.W_{4a}	2,9	10,0	1,954
65	0,00 – 2,00	γπg.W_{4a}	----	10,2	2,023
67	0,50 – 3,00	γπg.W_{3a}	----	11,4	1,908
68	0,30 – 1,50	γπg.W_{4a}	----	10,0	2,023
69	0,00 – 1,00	Sa.W_{4a}	2,4	12,0	1,908
70	0,50 – 2,00	X.W_{2b}	13,3	10,9	1,957
75	0,40 – 2,00	X.W_{2a}	9,4	12,1	1,921
77	1,00 – 2,70	X.W_{2b}	35,3	22,9	1,599

Os valores da baridade seca máxima $\gamma_{dmáx}$, variam entre 1,599g/cm^3 e 2,023g/cm^3 com um valor médio de 1,932g/cm^3. O teor de água óptimo situa-se entre os 10 e 22,9%, com um valor médio de 11,99%.

Apesar de não haver referência aos teores em água natural de todas as amostras, mais de 50% estão abaixo de média apresentada pelo W_{opt}.

Porém, como os solos são pouco plásticos, como foi anteriormente analisado, poderá ter sido admitido que não ocorreriam grandes problemas na compactação dos solos.

CBR (Californ Bearing Ratio)

O ensaio CBR (E 198 – 1967), trata-se de um ensaio de capacidade de carga, este permite definir o módulo de deformabilidade dos solos de fundação, e a re-utilização dos solos provenientes das escavações [38].

O CBR é definido em percentagem, sendo o quociente entre a força de penetração necessária para uma determinada penetração no provete em análise, e a força para a mesma penetração num provete padrão. Neste caso a penetração foi de 2,5 e 5mm.

$$CBR_{(2,5)} = \frac{F_{(2,5mm)}}{1355} \times 100 \quad (3.4)$$

$$CBR_{(5,0)} = \frac{F_{(5,0mm)}}{2033} \times 100 \quad (3.5)$$

F – Força registada no provete para a penetração desejada;

Os resultados são interpretados do seguinte modo [27]:

- CBR < 2 – Rejeitar a amostra;
- 2 < CBR < 5 – Não aplicar nas camadas superiores, podendo ser sujeito a um eventual tratamento;
- 5 < CBR < 8 – Não aplicar no leito do pavimento;

Seguem-se os resultados obtidos pelo CBR:

Quadro 39 – Resultados do CBR (Projecto Geológico-Geotécnico da Variante à EN15)

Sond. Nº	Prof. (m)	Litologia	CBR		
			Cr (%)	Desvio	(%)
59	0,50 – 2,00	γπg.W_{4a}	94	+ 1,4	66
			93	+ 1,1	49
62	0,00 – 1,50	γπg.W_{4a}	100	+ 0,1	100
			97	-0,3	62
			91	+0,6	35
67	0,50 – 3,00	γπg.W_{3a}	98	- 0,1	48
			91	+ 0,1	24
			86	+ 0,3	11
69	0,00 – 1,00	Sa.W_{4a}	97	+ 0,5	47
			94	+ 0,8	34
			86	+0,8	16
77	1,00 – 2,70	X.W_{2b}	87	+5,3	20
			84	+5,8	16

Ensaio de Los Angeles

O ensaio definido pela norma E 237 – 1970, tem por objectivo fixar o modo de determinação da perda de desgaste sofrida por um agregado quando submetido a ensaio na máquina de Los Angeles [43].

O resultado é obtido em percentagem, pela fórmula:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (3.6)$$

m_1 – massa do provete;

m_2 – massa do material retido no peneiro de 1,68mm (Nº12);

Os resultados obtidos pelo ensaio, foram:

Quadro 40 – Resultados do ensaio de Los Angeles (Projecto Geológico – Geotécnico da Variante à EN15)

Granulometria	Desgaste (%)
F	44
F	20

Materiais de Construção

Materiais para Aterro

De acordo com os resultados obtidos pelos ensaios laboratoriais anteriormente apresentados, a que foram submetidas as amostras de solo provenientes da campanha de prospecção aquando da realização do projecto, apresentam de um modo geral boa capacidade para a sua utilização como material para aterro.

Apesar de não ser possível efectuar um balanço correcto de escavações /aterros, por falta de elementos, é notório que os volumes de escavação são superiores aos de aterro, não sendo por isso necessário recorrer a manchas de empréstimo.

Materiais para o leito de pavimento

A classificação AASHO, permitiu a identificação de uma elevada percentagem de solos do tipo A-1-a, ou seja solos normalmente caracterizados por um bom a excelente comportamento na camada sob o pavimento.

Os resultados dos ensaios CBR, avaliam a aptidão de um determinado solo poder ou não ser considerado como um material apto de se incluir na constituição do leito de pavimento. Este permite avaliar o CBR conforme o nível de compactação de um determinado solo, caracterizando assim a sua capacidade resistente. O valor de CBR adoptado para o projecto é condicionante para o dimensionamento da espessura do pavimento.

É normalmente definido pelo caderno de encargos $\gamma_d^{ópt}=0,95\gamma_{dm}$ (g/cm^3), em que a densidade óptima é tida como relação da densidade seca máxima do agregado. Seguem-se os gráficos referentes aos ensaios realizados aquando o projecto.

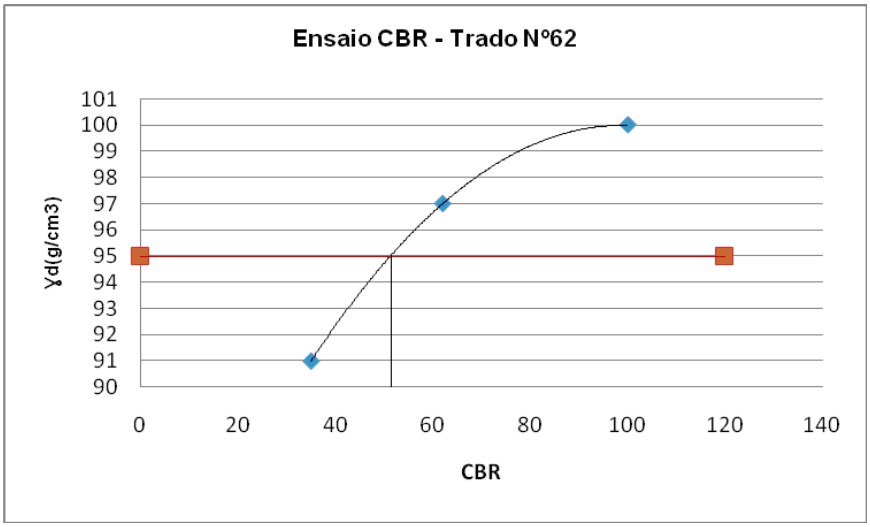


Fig.27 – Resultados do CBR ao Trado nº62

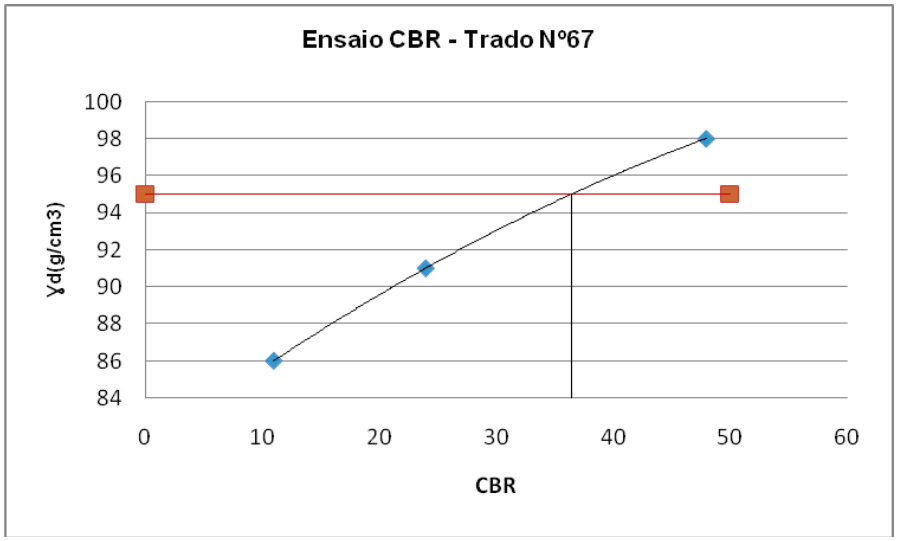


Fig.28 – Resultados do CBR ao Trado nº67

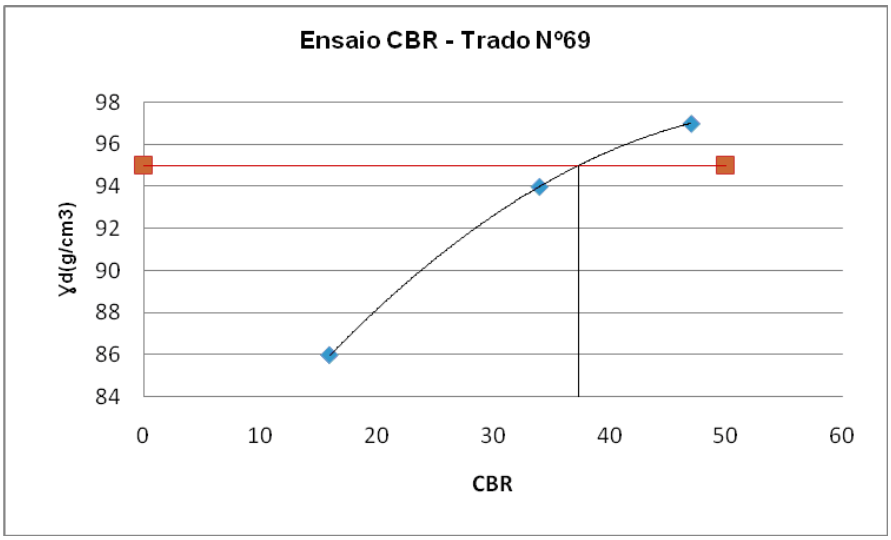


Fig.29 – resultados do CBR ao Trado nº69

Os ensaios obtiveram valores de CBR elevados (para o garu de compactação de 95%), encontrando-se no intervalo [16;50], podendo ser afirmado que todos os solos apresentam um índice de capacidade de suporte de pavimento muito significativo. Normalmente e para o tipo de itinerário em questão é normalmente adoptado $CBR_{projecto} > 8$ para o pré-dimensionamento da fundação do pavimento.

Materiais para o Pavimento

As bases e sub-base do pavimento, assim como os agregados para as camadas betuminosas, são normalmente obtidas a partir da britagem de materiais granítico e quartzítico pouco alterados, provenientes das escavações, desde que cumpram determinadas características preconizadas pelo EP.[52]

Um dos ensaios que permitem avaliar a utilização dos materiais, é o ensaio de Los Angeles, realizado sobre as amostras das formações graníticas e xistosas. O resultado deste ensaio, conjuntamente com outros, levam concluir segundo o projecto que do km 12+000 ao 14+640, podem ser utilizados para a sub-base [15].

4

NOVAS PROPOSTAS PARA O NOVO TRAÇADO DO IP4

4.1. A NOVA PROPOSTA DO GOVERNO PORTUGUÊS PARA O IP4

O traçado sinuoso do actual Itinerário Principal nº4 (IP4), condicionado pela orografia da Serra do Marão, à qual se associa frequentemente a ocorrência de nevoeiro e gelo, constituem motivos de apreensão constante para os seus utentes. A implantação de um novo traçado, em substituição do actual, é justificada pela necessidade da promoção do desenvolvimento económico-social da Região do Nordeste de Portugal, através de uma mais rápida e eficiente ligação aos principais eixos viários do norte do país, ao mesmo tempo que visa diminuir as elevadas taxas de sinistralidade ali registadas.

Após 20 anos de luta pela construção de um melhor acesso a Trás-os-Montes através de Vila Real, foi finalmente posto a concurso público um novo traçado, aprovado pelo Governo Português para a ampliação da Auto-Estrada nº4 até à capital transmontana.

O novo itinerário, presentemente em concurso, desenvolve-se a sul do actual IP4, a uma distância média de 600 m da área em estudo neste trabalho. As exigências geométricas do novo traçado com um perfil de auto-estrada, levaram à necessidade de implantação de um grande número de viadutos, além de um túnel de grande extensão - "O Túnel do Marão". Esta importante infra-estrutura possuirá cerca de 6Km de comprimento e atravessará a Serra do Marão a cotas cerca de 500 m inferiores às da superfície, e possuirá uma inclinação constante de cerca de 2,3%. À profundidade para a qual se prevê a implantação do túnel, e como já foi anteriormente referido no capítulo 3 relativo à composição geológica da Serra do Marão, o material pétreo atravessado será maioritariamente granito de granulometria porfiróide, sendo de admitir que a auréola de metamorfismo de contacto, entre os metassedimentos que se encontram nos níveis superiores da crusta e o granito, poderá ser atingida em determinados locais. A verificar-se esta situação será de prever a ocorrência de substâncias minerais associadas a mineralizações de cúpula, como por exemplo sulfuretos (pirite) e óxidos (cassiterite). Em termos geológicos é ainda importante referir a intersecção da Falha de Pena Suar, que não será condicionante de monta ao projecto, uma vez que não se conhecem indicadores de que se encontre activa. A inserção do túnel neste local, além de evitar a problemática topografia das encostas do Marão, evita as zonas com piores condições climatéricas com destaque para aquelas onde prevalecem o nevoeiro e a neve.

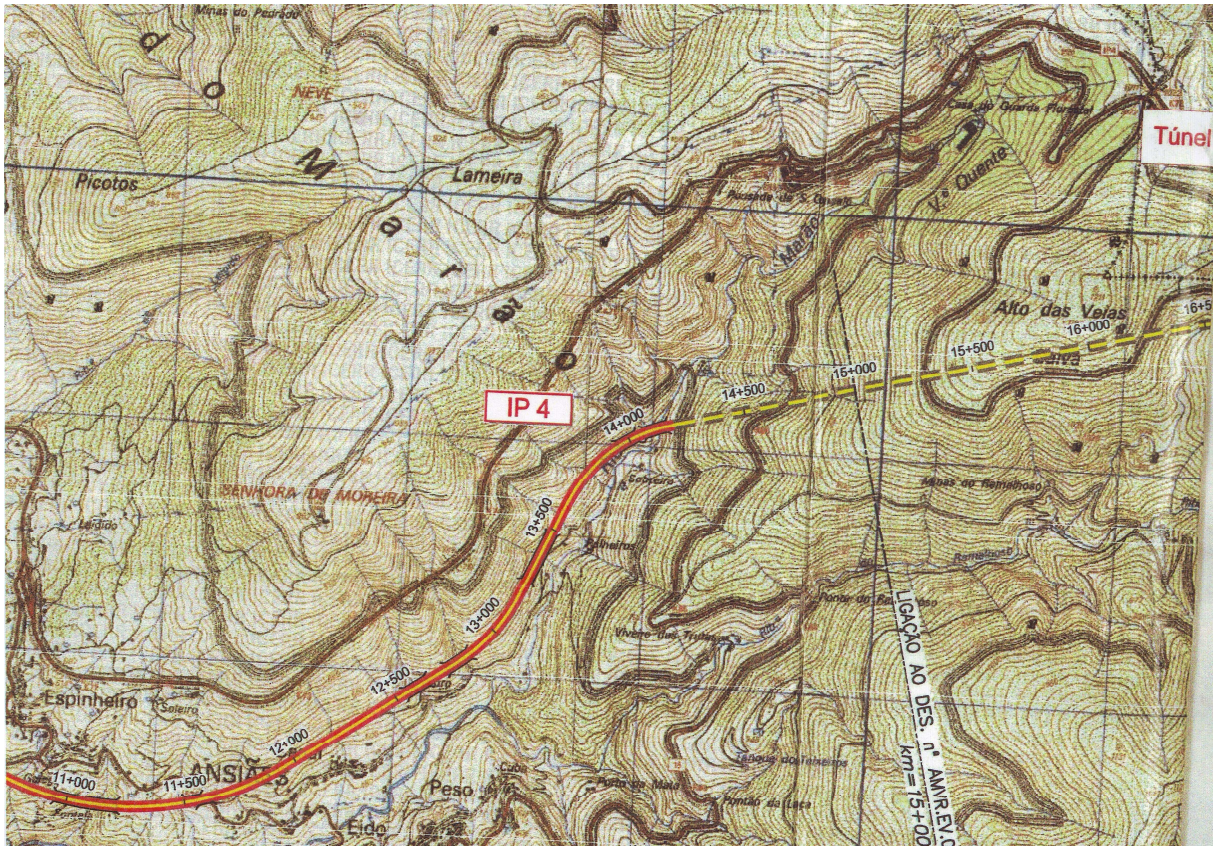


Fig.29 – Futuro traçado da A4 [31] na zona em estudo, implantado nas cartas militares, à escala 1:25000, nºs 113 (Amarante) e 114 (Santa Marta de Penaguião)

Apesar das inúmeras vantagens que o futuro traçado apresenta e da tentativa de consensualidade entre todas as condicionantes do projecto, a sua implantação no local em estudo torna-o susceptível a algumas críticas.

A proposta aceite pelo Governo, começa por atravessar, a sudoeste, a freguesia de Ansiães, implicando a demolição de algumas habitações não-sazonais, e um impacto sonoro e visual para as restantes. Como também já foi referido anteriormente (Capítulo 2, Ponto 2.4), junto desta povoação existem diversos campos agrícolas, onde se desenvolve uma agricultura de subsistência local, que serão inevitavelmente intersectados.

A conservação da qualidade dos níveis freáticos e da água do Rio Marão, é outro importante factor a ter em conta. A importância da sua conservação prende-se não só com a preservação do equilíbrio ecológico, mas também com a saúde da população, uma vez que esta tem por hábito a utilização de águas de poços para o consumo nas suas habitações e de água do rio para a prática da agricultura. A drenagem dos lixiviados da estrada, durante as fases de construção e exploração, deverão ser alvo de redobrada atenção na fase de projecto e monitorização durante a sua utilização, provavelmente com recursos a bacias de retenção para o tratamento dessas águas.

Na parte oriental da zona em estudo encontram-se as captações e instalações da empresa "Águas do Marão". Esta realidade implica a necessidade de definição de um perímetro alargado de protecção ao aquífero e respectiva zona de recarga, com vista à sua protecção integral.

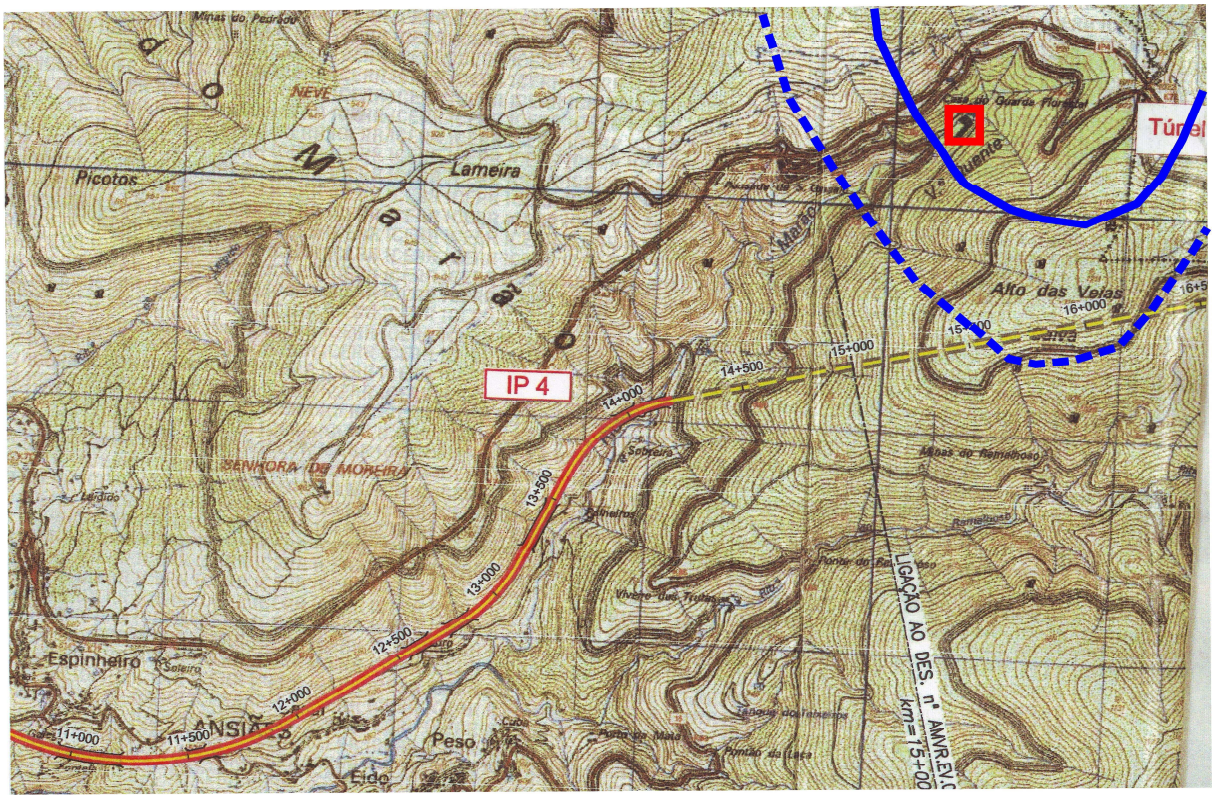


Fig.30 – Traçado rodoviário e limitação teórica dos perímetros de protecção aos aquíferos da empresa "Águas do Marão" (área delimitada por traço azul), e local das nascentes (indicada pelo quadrado a vermelho) [31] [32], implantados nas cartas militares, à escala 1:25000, nºs113 (Amarante) e 114 (Santa Marta de Penaguião).

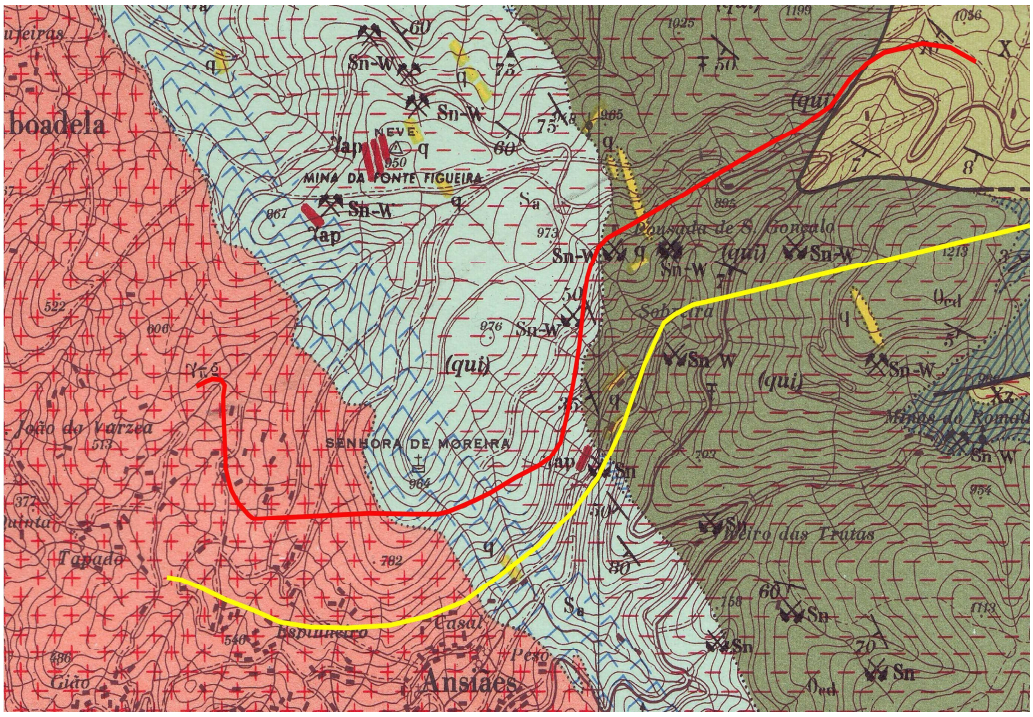


Fig.31 – Excerto da Carta Geológica de Portugal 10-C (Peso da Régua) com a implantação esquemática do troço em estudo do actual IP4 (vermelho) e do futuro traçado da A4 (amarelo).

As diversidades florística e faunística que conferiram a este local o estatuto de Rede Natura 2000, denominado por Sítio Marão-Alvão, são também postas em causa pelo novo traçado. Apesar deste se desenvolver parcialmente em túnel, todo o projecto se insere em local de relevante importância ecológica. Além das consequências da implantação da estrada neste local, a curto-médio prazo a própria construção poderá acarretar custos elevados e difíceis de reparar nos ecossistemas locais.

As condições geológicas da região atravessada são similares em ambos os traçados, havendo apenas diferença nas extensões atravessadas de cada litologia. Chama-se no entanto à atenção para o facto de, no decurso dos nossos trabalhos de campo ao longo do actual IP4, não termos observado quaisquer afloramentos das unidades litológicas atribuíveis ao Silúrico, sendo parte da sua posição constante nas cartas geológicas ocupada por materiais diamictíticos glaciomarinhos do Ordovícico terminal. No entanto, trabalhos de campo desenvolvidos cerca de 2 km a sul da área onde será construído o túnel revelaram a presença de xistos negros e liditos característicos deste Período (SÁ, 2005)

4.2. PARA ALÉM DO GOVERNO PORTUGUÊS, UMA NOVA PROPOSTA

Porquê a Norte?

A passagem de um novo traçado a norte do actual IP4, tal como qualquer outra proposta, apresenta vantagens e inconvenientes.

No que respeita à conservação da integridade e manutenção do sossego das populações que vierem a ser afectadas, esta é a hipótese mais viável, uma vez que a norte não se regista qualquer tipo de ocupação antrópica.

Esta translação do traçado, acarreta no entanto, consequências a nível ecológico, pois o traçado, além de já se encontrar inserido no Sítio Alvão-Marão (Rede Natura 2000), aproxima-se dos limites do Parque Natural do Alvão, onde se encontram algumas espécies com o estatuto de Espécies em Vias de Extinção.

A existência do Parque Eólico de Pena Suar, condiciona a implantação de um novo traçado, podendo mesmo vir a ser um projecto inviabilizado, dado o forte investimento existente nesta área.

Quanto à caracterização geológica desta zona é em tudo semelhante à anteriormente realizada para o actual IP4. A localização da Falha de Pena Suar em nada inviabiliza o projecto, dado que, tanto quanto se conhece, se trata de uma falha não activa. No entanto, a topografia mais desfavorável patente em vales mais encaixados e em cotas mais elevadas torna-se numa condicionante negativa de grande significado.

A nível do impacte dos recursos hídricos, não se registam cursos de água de grande importância, quer em dimensão, quer ao nível do abastecimento às populações, dada a rara ocorrência de habitações na zona considerada.

Esta localização beneficiaria principalmente os concelhos de Mondim de Basto e de Celorico de Basto. Estes concelhos são, desde a década de 60, alvo de um intenso processo de desertificação, dado o seu isolamento e a falta de investimento por parte de indústrias. Apesar dos esforços por parte das respectivas autarquias, o progresso sócio-económico tem sido relativamente lento quando comparado com as médias nacionais.

Quadro 41 – Brasões e referências culturais das localidades de Celorico de Basto e Mondim de Basto [98] [99]

• Fisgas do Ermelo	• Castelo de Arnoía
• Senhora da Graça	• Casa da Gandarela
• Parque Natural do Alvão	• Pelourinho do Castelo

Estas localidades encontram-se já servidas por bons acessos, sendo que Mondim de Basto é aquela que apresenta pior enquadramento. De facto, é possível aceder a Celorico de Basto através da A4, saindo para a EN210 (que foi alvo de beneficiação em 1998). Relativamente a Mondim de Basto, não possuindo directamente nenhuma ligação directa a auto-estradas ou outro itinerário que não estradas nacionais, apresenta relativa proximidade ao IP4, à A7 e, consequentemente, à A24.

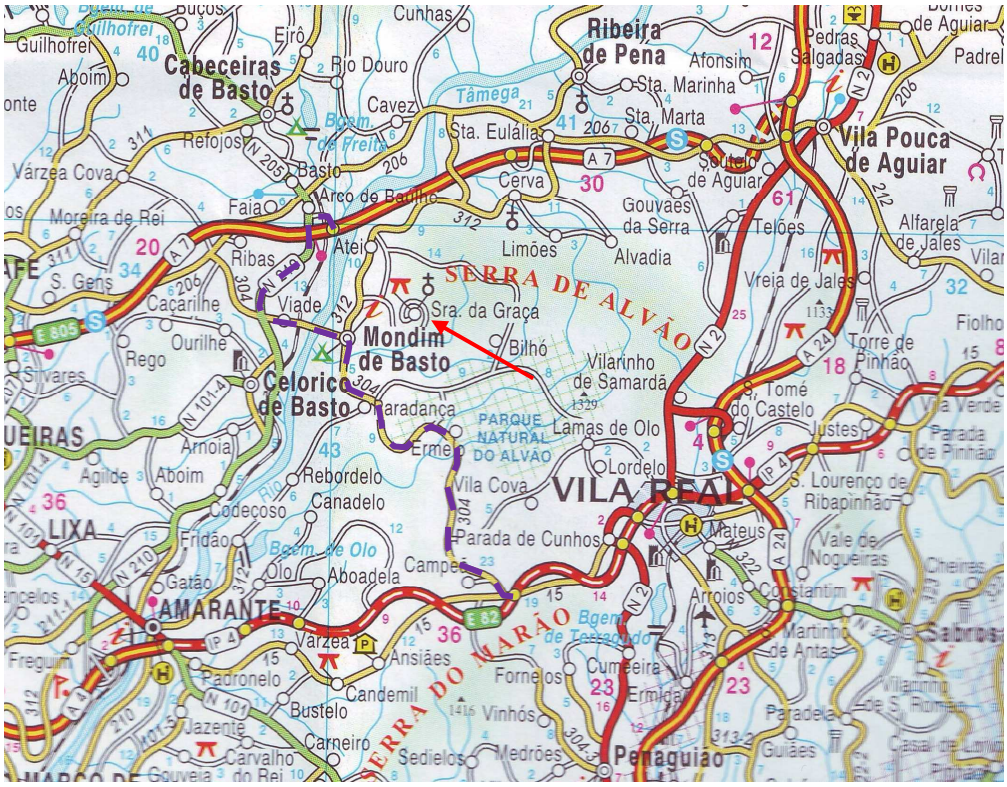


Fig.32 – Possíveis itinerários a seguir para Mondim de Basto, traço descontínuo a roxo [105]



Foto nº35 - Vista Este do Parque Éolico de Pena Suar



Foto nº36 – EN304, acesso a Mondim através do IP4



Foto nº37 - EN210, acesso a Celorico de Basto

Porquê a Sul?

A localização a sul beneficia de um importante factor que é a proximidade do limite da Rede Natura 2000. Com efeito, os limites desta área classificada encontram-se cerca 3Km a sul do actual IP4. A implantação do traçado estaria, neste sentido, a zelar pela conservação dos ecossistemas, que se encontram protegidos por esta figura de classificação.

Não havendo uma exagerada translação para sul, poderá ser evitado o atravessamento de aldeias que se encontram espalhadas pelas encostas do Marão, preservando deste modo o sossego das populações. Apesar de estes serem terrenos de pouca intervenção humana, são registados algumas áreas com actividade agrícola de subsistência.

Os parques eólicos são presença constante nesta área, dado tratar-se de uma zona em que a instalação aerogeradores é uma prática rentável. É registada pelo menos a presença de dois parques, Penedo Ruivo e Seixinhos, estando ainda mais projectos à espera de licenciamento para a futura instalação.

Numa rápida análise à Carta Geológica 10-C (Peso da Régua), verifica-se a sul um aumento da mancha de granito porfiroíde, e um aglutinamento das faixas de corneanas e xistos quiastolíticos de idade silúrica, assim como o estreitamento da faixa de xistos mosqueados e quiastolíticos e de quartzitos de idade ordovícica. Regista-se ainda a ocorrência de filões de quartzo que apresentam na sua grande maioria uma orientação NE-SW. É necessário ainda referir que o granito anteriormente referido se encontra bastante alterado, apresentando uma camada de arenização de elevada espessura.

A proximidade da falha de Amarante, que se encontra sismicamente activa, poderá condicionar a solução a tomar na projecção de um novo traçado, se houver necessidade de prever a construção de um túnel numa posição marcadamente próxima de Mesão Frio.

Esta localização iria beneficiar as localidades de Baião, Mesão Frio, Santa Marta de Penaguião e Peso da Régua. Tal como os concelhos localizados a norte, estes têm vindo a experimentar um processo de desertificação desde a década de 60. Apesar de serem dos concelhos com mais história e mais antigos do país, os esforços perpetrados pelas câmaras no sentido de atrair a fixação da população não têm surtido qualquer efeito. De facto, e à excepção do concelho de Baião, os restantes municípios não beneficiam de acessos que tornem as suas localidades mais atractivas.

Quadro 42 - Brasões e referências culturais das localidades de Baião, Mesão Frio, Santa Marta de Penaguião e Peso da Régua [96] [97] [100] [101]

			
• Casa de Tormes • Campo Arqueológico da Serra da Aboboreira • Convento de Santo André	• Arcas tumulares românicas • Pelourinho de Mesão Frio • Castro de Cidadelhe	• Igreja de Santa Eulália • Capela de São Pedro • Pelourinho de Santa Marta de Penaguião	• Museu do Douro • Cemitério Mouro • Solar do Silveiras • Casa da Companhia Velha

De entre as quatro localidades apresentadas, a cidade do Peso da Régua é aquela que possui os piores acessos, apesar da construção da A24, que liga esta cidade a Vila Real e Viseu, a sua principal via de acesso rodoviário ao litoral continua a ser a EN101. Esta estrada apresenta um traçado bastante sinuoso, com uma largura insuficiente em determinados locais para a passagem de veículos pesados, mostrando-se completamente insuficiente para dar resposta ao volume de tráfego que a demanda. É importante ainda referir que a cidade do Peso da Régua está inserida num local classificado pela UNESCO como Património Mundial da Humanidade, que constitui uma mais-valia para o desenvolvimento económico da cidade, a que obstam os actuais acessos.



Foto nº38 - EN101



Foto nº 39 - Parque Eólico, perto de Teixeira (Concelho de Baião)

Uma Outra Proposta

Como já ficou bem patente ao longo do presente trabalho, a implantação de um novo traçado raramente consegue reunir o consenso geral tendo em vista os condicionalismos inerentes a um projecto de vias de comunicação. A minimização dos impactes em determinada área analisada é muitas vezes alcançada pelo agravamento das consequências da implantação do traçado numa outra área de estudo. A definição de um projecto é por isso um processo iterativo que apenas se encontra concluído, não por a solução perfeita ter sido encontrada, mas sim pelo bom senso dos seus intervenientes, que tentam mensurar factores que são na sua maioria imensuráveis.

Tendo já sido sumariamente analisado relativamente às zonas sensíveis que o novo traçado (proposto pelo Governo Português) atravessa na zona em questão, tentar-se-á propor um novo estudo para a construção do futuro IP4. Esta substituição tem por objectivo minimizar os impactes perpetrados pela sua implantação, tentando ainda minimizar os custos de construção, tendo sempre presentes as Normas do Traçado da JAE.

O troço a substituir levará em consideração uma área mais extensa que a anteriormente analisada, visto ser necessária a abrangência de pontos que facilitem a ligação à proposta do governo. Nesta nova zona encontra-se implantado o Túnel do Marão em toda a sua extensão; por esse motivo é proposto um novo objectivo, a diminuição do desenvolvimento previsto para esta estrutura.

Ter-se-á em consideração que este estudo sumário foi executado sobre cartografia de pequena escala (1:10.000) pelo que convirá adoptar, em relação às melhorias aparentemente conseguidas, uma atitude modesta. Por outro lado foi toda a zona intersectada no traçado objecto de reconhecimentos topográfico-geológicos detalhados.

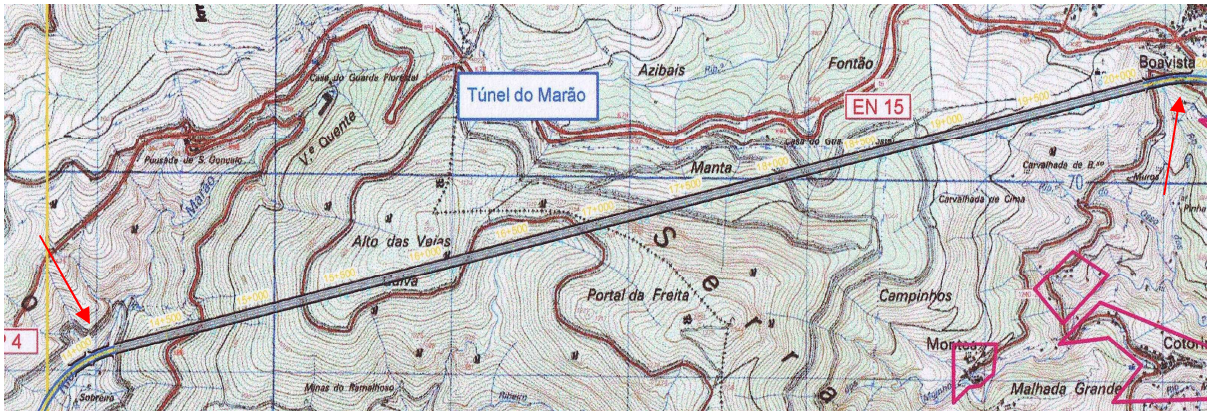


Fig.33 – Localização do troço a substituir (Traço azul), as setas a vermelho indicam os extremos do "Túnel do Marão" [31]

A observação da topografia da área adjacente ao troço a ser substituído e os reconhecimentos efectuados, levou à escolha de um traçado ligeiramente mais a sul da proposta do governo. Esta escolha deve-se ao facto de, a norte, as linhas de água encaixadas e as encostas bastante íngremes, exigirem na implantação de uma estrada, a consideração de um elevado número de viadutos e túneis por modo a vencer os desníveis topográficos. A sul, apesar de se verificarem condições semelhantes, os terrenos apresentam condições menos agressivas para a implantação de um projecto desta magnitude; no entanto, convém evitar os locais de cotas altas, pois trata-se daqueles onde por vezes os estratos se encontram verticalizados. Prevendo essa situação, desfavorável à construção do túnel, é necessário evitar diferenças de cotas muito elevadas entre o túnel e o terreno.

Após a delimitação da área em que deverá ser implantada a nova proposta, segue-se a análise dos condicionalismos que poderão levar à inviabilização do novo projecto, ou mesmo ao detrimento deste face à actual proposta. Iniciando o exame deste território, a sudoeste, é registada uma elevada ocupação habitacional, sendo que muitas casas se encontram em perigo de demolição com a construção do novo itinerário. Foram por isso delimitadas áreas de protecção em torno das zonas com uma elevada concentração populacional, por modo a evitar o derrube de casas, e a perturbação do nível de sossego.

O atravessamento de estradas já existentes também deverá ser levado em conta dado que estradas municipais e também a EN15 são uma presença constante a sul do itinerário principal nº4.

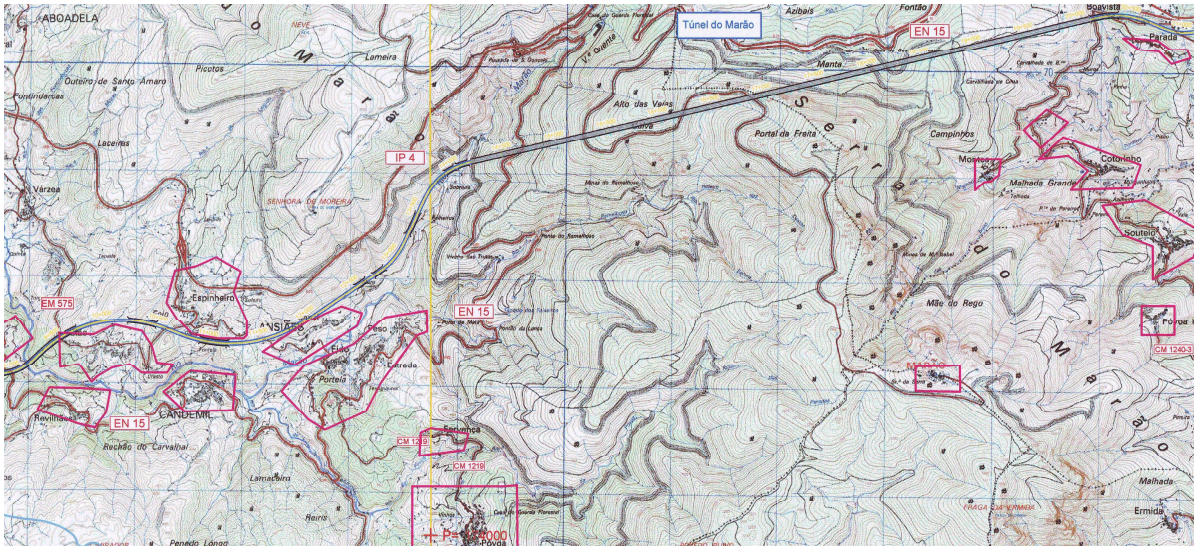


Fig.34 – Implantação das zonas de protecção às populações delimitadas pelo traço a cor-de-rosa

A conservação do perímetro teórico de recarga dos aquíferos da empresa "Águas do Marão", é um importante ponto de consideração para uma nova proposta. Tentar-se-á por isso um afastamento de tal ordem que não seja prevista a invasão destas zonas. Outras infra-estruturas a proteger são os aerogeradores, presença bastante significativa na Serra do Marão. O Parque Eólico de Penedo Ruivo poderá ser a único a constituir um entrave na definição da prevista proposta.

As áreas onde se prevê a implantação de um possível traçado são todos a locais de elevada importância ecológica, visto serem locais inseridos num território classificado como Rede Natura 2000. Apesar de o atravessamento destas zonas ser altamente não recomendável, dada a sua extensão na área em questão, evitá-lo traduzir-se-ia num aumento bastante significativo do traçado, podendo não ser economicamente viável. Havendo no entanto consciência de ser necessária a manutenção do equilíbrio ecológico, tentar-se-á evitar zonas densamente florestadas preservando espécies vegetais e animais. A conservação da qualidade da água do Rio Marão, será outro ponto a ter em consideração, este é um curso de água ainda não intervencionado pelo homem, podendo ser considerado "selvagem" pois, constitui uma fonte de água para a prática da agricultura e consumo nas freguesias que atravessa.

Para a definição do traçado em planta, foram consultadas as Normas de Traçado da JAE, onde se encontram definidos os valores limites para os elementos geométricos necessários à determinação de um traçado. Assim para a velocidade base de 100 km/h, que irá ser utilizada no projecto, vem que:

Quadro 43 – Limites dos elementos geométricos para a definição de um traçado com uma V_B = 100 Km/h (in *Normas de Traçado da JAE*, P3-91)

Alinhamentos Curvos	Curva Circular	Raio Mínimo Absoluto (m)	420
		Raio Mínimo Normal (m)	700
	Clotoíde (m)	180	
	Extensão Mínima da Curva (m)	150	
Alinhamentos Rectos	Extensão Máxima (m)	2000	
	Extensão Mínima (m)	600	

A respeito da definição do perfil longitudinal este é realizado para a velocidade de tráfego, em que são acrescidos 20Km/h à velocidade base, tal torna-se necessário pois são consideradas as condições de visibilidade nesta fase do projecto.

Quadro 44 – Limites dos elementos geométricos para a definição do perfil longitudinal com uma velocidade de tráfego de 120Km/h (in *Normas de Traçado da JAE*, P3-91)

Concordâncias Convexas	Raio Mínimo Absoluto (m)	14.000	Desenvolvimento Mínimo Absoluto (m)	120
	Raio Mínimo Normal (m)	16.000	Desenvolvimento Mínimo Normal (m)	120
Concordâncias Concâvas	Raio Mínimo (m)	7.000	Desenvolvimento Mínimo (m)	120

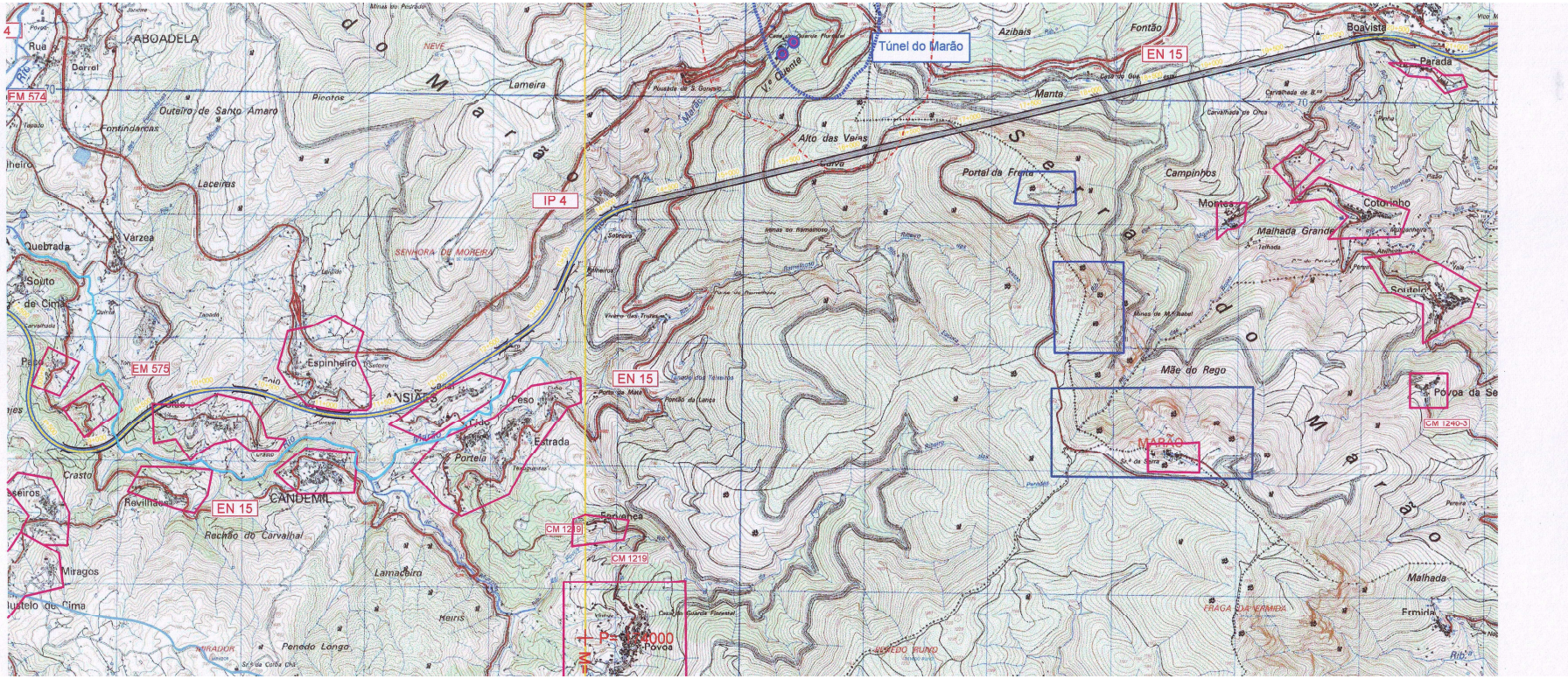


Fig.35 – Condicionantes do projecto na área de estudo: Curso do Rio Marão;

Área de protecção às habitações;

Área teórica de protecção aos aquíferos da empresa "Águas do Marão";

Limites da Rede Natura 2000 (no canto inferior esquerdo);

Cotas mais elevadas da Serra do Marão

Dado que o presente trabalho incidiu no aspecto geológico de um modo mais intenso, é com este conhecimento que será delimitado um corredor para a implantação de um novo traçado. Com base num mapa geológico do ramo sul da Serra do Marão (COKE, 2000), que se encontra abaixo apresentado. A adopção deste corredor tem por objectivo o aproveitamento máximo dos materiais pétreos para utilização na obra, e evitar as zonas mais mineralizadas da Serra, já que, como foi anteriormente referido a actividade mineira desta zona era intensa há umas décadas atrás. Permite ainda evitar as zonas onde se verificam uma maior quantidade de falhas, o que para a implantação de viadutos e túneis não proporciona a situação mais confortável.

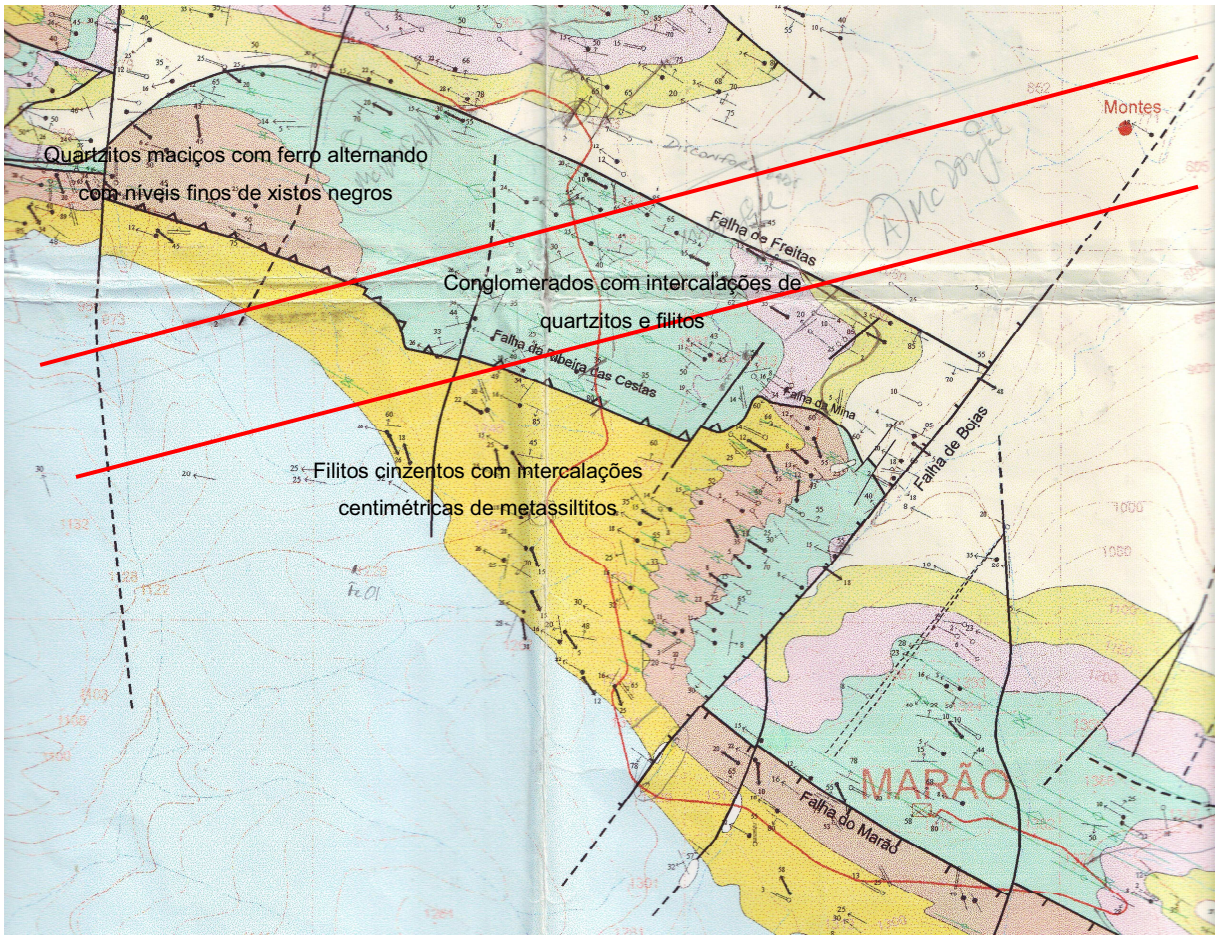


Fig.36 – Adaptado de Carta Geológica do Ramo Sul da Serra do Marão, (COKE 2000), o corredor delimitado pelos traços vermelhos é condicionante para a implantação do traçado.

Tendo como base de trabalho as cartas militares nº113 (Amarante) e nº114 (Santa Marta de Penaguião) à escala 1:10.000, visando cumprir os pressupostos atrás apresentados e após algumas tentativas, foi definido um novo traçado para a área em estudo. Esta proposta visa substitui cerca de 12.500m da proposta aprovada pelo governo, excedendo-a em cerca de 520m. Os quadros abaixo apresentados são relativos aos elementos geométricos da planta e do perfil longitudinal que constituem este novo traçado alternativo.

Quadro 45 – Elementos geométricos da planta do novo traçado proposto

Planta		
P.K.	**D (m)**	**R (m)**
0+000,00	69,53	∞
0+069,53	281,83	700
0+351,36	109,34	∞
0+460,67	1065,95	700
1+526,65	449,42	∞
1+976,07	430,53	2500
2+406,60	1529,34	∞
3+935,94	505,25	700
4+441,19	1421,819	∞
5+863,009	1175,07	2500
7+038,079	3333,56	∞
10+371,64	731,546	1000
11+103,19	677,032	∞
11+780,22	346,988	700
12+127,21	893,017	∞
13+020,22		

Quadro 46 – Elementos geométricos do perfil longitudinal do novo traçado proposto

Perfil Longitudinal			
P.K.	**i (%)**	**D (m)**	**R (m)**
0+000	5,5	572,10	xxxx
0+571,10	xxxx	800,00	16.000
1+372,10	0,5	875,81	xxxx
2+229,91	xxxx	350,00	7.000
2+579,91	5,5	2215,82	xxxx
4+795,73	xxxx	480,00	16.000
5+275,73	2,5	2287,22	xxxx
7+562,95	xxxx	880,00	16.000
8+442,95	3,0	2833,32	xxxx
11+276,27	xxxx	595,00	7.000
11+871,27	5,50	1148,95	xxxx
13+020,22			

É necessário referir que não foram previstas clotoídes, um dos elementos que constituem as curvas compostas, uma vez que a base de trabalho não possui uma escala suficiente para a sua correcta definição. No entanto o cumprimento das normas foi conseguido mesmo nos locais onde a nível de projecto de execução as clotoídes deveriam ser usadas.

Um dos grandes desafios na implantação de um novo traçado no local em estudo, foi vencer a difícil topografia da Serra do Marão cumprindo as normas ao mesmo tempo que se tentava manter as zonas de aterro e escavação dentro de limites economicamente aceitáveis para a envergadura da obra em questão. Foi essencialmente este factor que levou à adopção de traíneis com 5,5%, excedendo em 0,5% aquilo que é indicado nas normas para a velocidade base de 100km/h. Com estas inclinações e dada a extensão de algum dos traíneis é indicada a construção de uma via de lentos; porém dado que o perfil transversal tipo a adoptar para este caso é 2x2 (perfil típico de auto-estrada), o estudo de tráfego torna-se fundamental para a justificação da sua implantação.

A nova proposta faz a ligação ao traçado aprovado próximo do km 8+500 como se encontra abaixo apresenta:

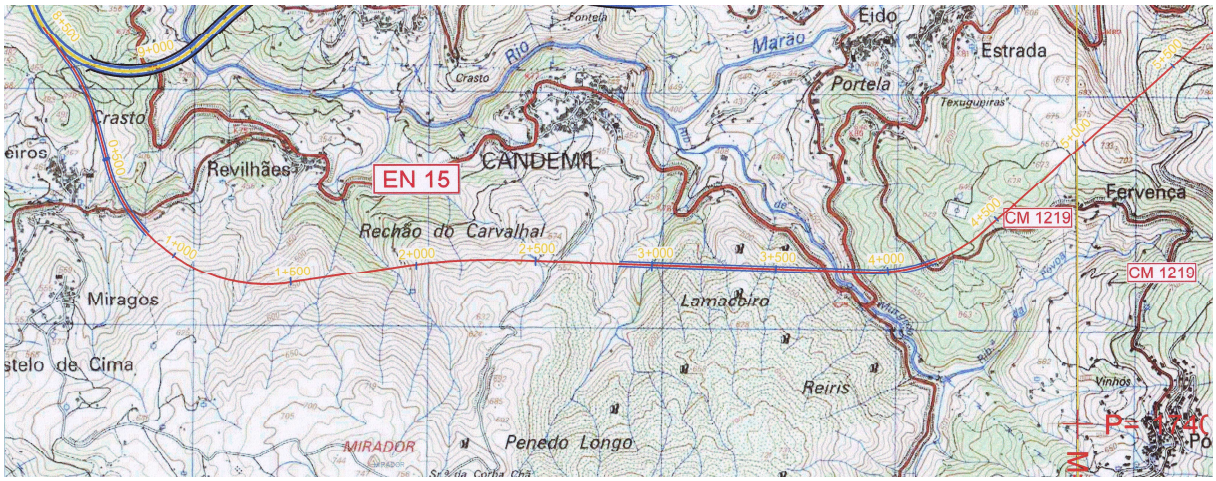


Fig.37 – Corredor obtido pelo estudo km [0+000; 5+500], implantado na carta militar nº113 (Amarante)

O novo corredor sugerido pelo estudo evita as zonas com maior ocupação social, acautelando deste modo os incómodos provenientes da construção e exploração de obras deste tipo. É importante ainda referir que esta sugestão possui um menor impacte visual para as populações de Eido, Portela, Estrada e Peso visto que se desenvolve na encosta contrária a estes núcleos habitacionais. A sua localização ainda mais a sul, aproxima-se dos limites do Sítio Marão - Alvão da Rede Natura 2000, encontrando-se porém ainda dentro da área com esta importante classificação.

O troço acima apresentado desenvolve-se quase integralmente na encosta norte o que, dada a elevada frequência de gelo nesta área, constitui uma desvantagem importante. No entanto ao terem-se utilizado raios superiores ao normal nas curvas circulares, conseguir-se-á uma diminuição relevante da força centrífuga sentida pelos veículos, o que atenua os efeitos mais negativos que se fariam sentir pela presença de gelo nas vias.

O atravessamento do Rio Marão é evitado, precavendo-se deste modo a preservação dos ecossistemas nele presentes. Relativamente à intersecção de outros pequenos afluentes pertencentes à sua bacia hidrográfica, o número de passagens hidráulicas previstas para o pequeno troço apresentado não é superior ao da futura estrada, uma vez que a maioria das linhas de água são atravessadas por viadutos, sendo esta uma situação preferível à das passagens hidráulicas.

É aqui registada a presença de dois viadutos de grande dimensão, o primeiro deles, que faz ligação à futura estrada apresenta um desenvolvimento de 891,23m, e o segundo que evita o atravessamento directo em dois pontos da EN15, da CM1219 e da Ribeira do Murgido (afluente do Rio Marão) tem o comprimento de 1481,8m.

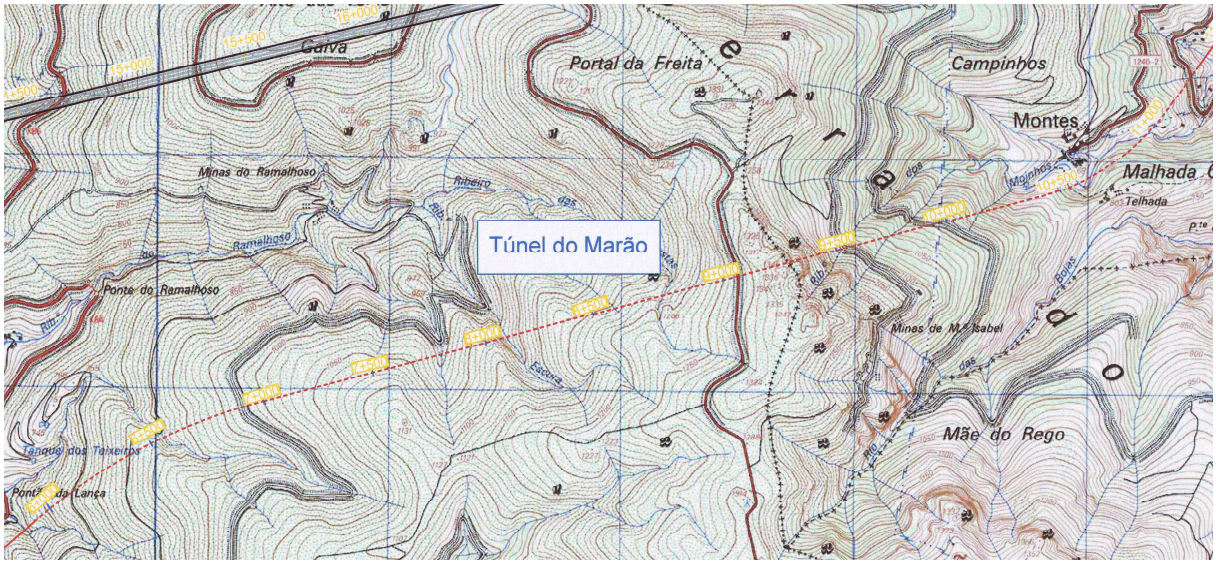


Fig.38 – Sugestão proposta [6+000; 11+000], implantada nas cartas militares nº113 (Amarante) e 114 (Santa Marta de Penaguião)

É no troço acima apresentado que se localiza o túnel sugerido por este estudo. Esta localização é maioritariamente justificado pela geologia do local, pretende-se com esta nova posição tirar partido dos materiais geológicos atravessados e evitar as zonas com uma maior incidência de falhas sísmicas, dado que a implantação de infra-estruturas desta natureza é preferível em locais pouco fragmentados. Esta situação permite o atravessamento de apenas três falhas sísmicas, sendo duas delas as Falha da Ribeira das Cestas e a Falha de Freitas. A localização sugerida permite ainda tirar o maior partido do granito presente nesta área que como já foi anteriormente referido, quando origina solos estes têm uma classificação A-1-a(0), e dos conglomerados com intercalações de quartzitos e filitos que constituem um óptimo material para a utilização para brita. As zonas mais mineralizadas da Serra do Marão são também evitadas, nomeadamente os locais onde é registada a presença de ferro. Esta sugestão apresenta um túnel com o comprimento de 5277m reduzindo em apenas 600m a proposta do governo, mas esta localização foi pensada visando tirar partido da geologia conhecida do local

Na sugestão apresentada a presença da bacia hidrográfica da Ribeira do Ramalhoso constitui também uma forte condicionante à implantação do traçado; esta é uma bacia com uma importância relevante dado que mesmo em anos de seca esta ribeira apresenta um caudal considerável. A distância da proposta a esta área permite uma redução razoável de possíveis infiltrações aquando da construção do túnel, das quais podiam advir situações complicadas.

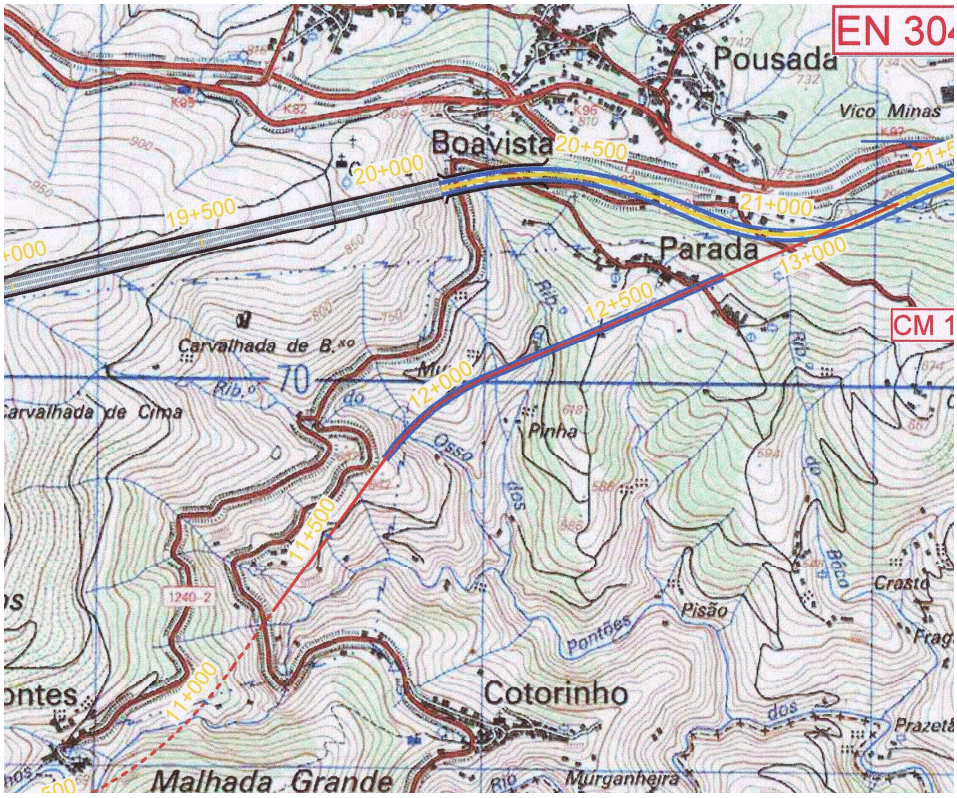


Fig.39 – Último troço da sugestão proposta pelo presente estudo implantado na carta militar nº114 (Santa Marta de Penaguião)

A ligação é realizada ao km 21+000, e é maioritariamente constituída por o último viaduto deste projecto com um desenvolvimento de 957,57m. Esta infra-estrutura evita o atravessamento directo da povoação de Parada, único núcleo habitacional atravessado pelo corredor sugerido. Esta ligação tem também em consideração o menor número de cruzamentos das estradas que fazem ligação às povoações de Cotorinho e Montes evitando assim possíveis constrangimentos das vias. O viaduto implantado evita o atravessamento directo de duas das mais importantes ribeiras identificadas na zona: Ribeira do Osso e Ribeira dos Pontões, uma situação vantajosa dado o elevado caudal que estas podem atingir em anos de elevada precipitação ou queda intensa de neve na Serra do Marão. Esta ligação evita assim também o atravessamento dos campos férteis da Campeã.

Apresentam-se nas páginas seguintes a planta completa da sugestão assim como o respectivo perfil longitudinal à escala.

Ver ficheiro “Uma outra sugestão para o futuro traçado da A4”

Ver ficheiro “Perfil longitudinal nº1”

Ver ficheiro “Perfil Longitudinal nº2”

Ver ficheiro “Perfil Longitudinal nº3”

O perfil longitudinal foi assim definido tendo em atenção as normas de Traçado da JAE anteriormente referidas. No entanto, dada a complexidade topográfica do local em questão a inclinação máxima dos tráineis em certos casos excedeu o máximo aconselhado, porém como a via em questão se trata de uma estrada de montanha um excesso 0,5% face ao máximo parece facilmente justificável. Na definição do perfil houve também a preocupação permanente de nunca obter aterros e escavações com uma altura superior a cerca de 40 metros dado que a partir de tais valores começa a haver uma complexidade e um custo bastante elevados.

Numa rápida análise ao perfil é fácil de constatar que o maior volume de escavações ocorre nos quilómetros que antecedem o túnel. Apesar de não ser possível o cálculo rigoroso do equilíbrio de terras é notório que o volume necessário para a realização dos aterros previstos é inferior ao de escavações, dado a sua ocorrência ainda em zona de granitos (antes do túnel), é possível reaproveitar todo o material para a construção, sendo necessária a localização prévio de vazadouros provisórios. Este cenário é contrário ao que acontece no túnel e restantes quilómetros desta sugestão em que material proveniente das escavações não pode ser utilizado nas acções de construção, sendo necessária identificação de vazadouros. Foi já prevendo a necessidade de depósito destes materiais que se também pensou essa localização por áreas com materiais menos mineralizados (Volfrâmio e Estanho), que poderiam deste modo contribuir para a contaminação das águas vizinhas ao vazadouro por lixiviação.

Em jeito de análise pode concluir-se que esta sugestão de traçado poderá ser validada com significativa do desenvolvimento túnel em cerca de 600m. Em contrapartida isto foi conseguido à custa do aumento dos viadutos em cerca de 700m em relação ao que está previsto para a obra que irá ser implantada (a actual proposta apresenta 2600m destas infra-estruturas ao contrário da presente sugestão com 3330,6m). Em qualquer caso entende-se que a proposta apresentada é economicamente competitiva dado que o túnel, agora pré-estudado, se localiza em local geologicamente favorável à escavação e, naturalmente, é menos extenso. Parte deste decréscimo de perfuração irá ser perdido no acréscimo de área de tabuleiros de viadutos. Em qualquer caso, e no âmbito final, existiria uma vantagem económica na solução apontada neste estudo académico, quando comparada com a proposta vencedora do concurso para atribuição da totalidade da SCUT do Nordeste Transmontano.

5

CONCLUSÕES

A realização deste trabalho revelou-se um verdadeiro desafio, pois tendo sido desenvolvido numa região à qual me encontro ligada afectivamente, o IP4 constitui-se por isso uma via de comunicação de referência. Recordando remotamente a sua construção e mais tarde conhecedora da realidade da mesma, fácil foi verificar que esta estrada constitui a via estruturante de toda uma região.

Em forma de epílogo, sumarizam-se os resultados dos estudos de natureza geológica, geotécnica, geométrica, ambiental, hidrológica e económico-social, efectuados ao longo deste trabalho. Ao mesmo tempo, apresentar-se-ão um conjunto de considerações que justificam o exercício académico de oferecer uma proposta alternativa ao novo traçado do IP4 apresentado pelas instituições governamentais responsáveis.

Neste sentido, a geologia da Serra do Marão é estruturalmente complexa e litologicamente diversificada. No decurso do nosso trabalho verificámos que, contrariamente à representação constante na cartografia geológica em vigor para a região, o traçado em estudo não intersecta unidades metassedimentares pertencentes ao Silúrico. Ao mesmo tempo verificou-se que existem materiais até há pouco tempo ignorados, como é o caso das litologias da Formação Guadramil (Ordovícico Superior). Somos assim levados a concluir que alguma falta de conhecimento da geologia de pormenor deste sector da Serra do Marão poderia ter sido colmatado se durante a fase de construção do IP4 tivesse existido um acompanhamento da mesma por parte de um ou mais geólogos, à imagem de uma realidade já então existente noutros países da União Europeia. Os estudos petrográficos efectuados, além de terem permitido um melhor conhecimento das litologias, facultaram informação importante sobre a quantidade de sulfuretos existentes, responsáveis pela deterioração das malhas de protecção dos taludes e pela elevada contaminação das águas de percolação e lixiviação. Desta forma, quaisquer estudos geológicos futuros a realizar previamente à construção de uma nova estrada nesta região terão necessariamente de considerar um grande número de variáveis ao nível estrutural, litológico, mineralógico, geomorfológico e hidrológico, sendo que a mesma terá de ser alvo de um apertado acompanhamento ao pé de obra. Este permitirá solucionar as eventuais surpresas inerentes à já referida complexidade geológica e, ao mesmo tempo, recolher informação científica de enorme valor, contribuindo desta forma para o progresso do conhecimento geológico da Serra do Marão.

Relativamente à caracterização geotécnica efectuada, verificámos que uma significativa parte dos taludes estudados apresentam elevado grau de instabilidade, maioritariamente induzido por rupturas prismáticas, associadas à intensa fracturação dos maciços rochosos, particularmente onde afloram rochas metassedimentares. A esta realidade não é alheia a geometria de muitos dos taludes, com elevadas dimensões e inclinações, sendo notória a frequente a ausência de banquetas, que diminuiriam em muito este permanente risco de desmoronamento, ao qual muitas das vezes nem as redes de protecção se conseguem opor. Ao mesmo tempo, concluímos que nos taludes escavados nos granitos, a sua superfície se encontra em acelerado processo de alteração e por isso também de instabilidade, necessitando de vigilância e manutenção frequente.

A sugestão apresentada pelo estudo revelou-se um desafio importante de consciencialização das dificuldades inerentes à definição de um projecto de vias de comunicação numa zona de difícil topografia e elevado valor ecológico. É necessário ainda referir que a Serra do Marão foi alvo de um intenso estudo por parte de especialistas para a decisão daquele que vai ser o prolongamento da Auto-Estrada nº4 de Amarante a Vila Real, em que possivelmente zonas como mesmo a área aqui sugerida deverá ter sido alvo de análise. Este novo troço goza de uma elevada importância económica, dado que a sua construção irá unir de um modo mais rápido não só o Nordeste Transmontano ao litoral, como também a capital espanhola Madrid ao Porto de Leixões.

A solução encontrada teve como objectivo final tirar partido de todo o conhecimento adquirido ao longo da realização do presente trabalho, nomeadamente dos conhecimentos Geológico-Geotécnico adquiridos não só a nível bibliográfico como também prático através da realização de análises tanto a nível laboratorial como "in situ". Consideramos que os objectivos foram em parte alcançados, dentro dos moderados recurso disponíveis e limitações temporais, reconhecendo no entanto que esta solução poderia sempre ser melhorada.

BIBLIOGRAFIA

[1] CÂMARA MUNICIPAL DE VILA REAL (2002). *Planificação Estratégica para Vila Real*, Documento interno

[2] CÂMARA MUNICIPAL DE VILA REAL (2003). *Vila Real Tecnopolis – Um pólo tecnológico para Trás-os-Montes e Alto Douro*, Documento interno

[3] COKE, C. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (1995). Novos achados fósseis de obolídeos (braquiópodes inarticulados) na base do Ordovícico da Serra do Marão (Autóctone da Zona Centro-Ibérica). *In:* RODRÍGUEZ ALONSO, M.D. & GONZALO CORRAL, J.C. (eds). *Comunicaciones de la XIII Reunión de Geología del Oeste Peninsular y Reuniones PICG-319/320*, Salamanca, 47-48.

[4]COKE, C. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (2000). Descoberta de lumachelas com lingulídeos no Ordovícico da Serra do Marão (Norte de Portugal). *I Congresso Ibérico de Paleontologia / XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología e Simpósio do Grupo Espanhol e Ibérico PICG 410*. Livro de Resumos, Évora, 189-190.

[5] COKE, C. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (2001). Braquiópodos Linguliformea del Ordovícico Inferior de la Serra do Marão (Zona Centroibérica, N de Portugal). *Boletín Geológico y Minero*, **112**(1); 33-50.

[6] COKE, C. (2000a). Litoestratigrafia do Ordovícico inferior do ramo sul da Serra do Marão, Norte de Portugal. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, **87**; 13-34.

[7] COKE, C., DIAS, R. & RIBEIRO, A. (2000). Evolução geodinâmica da bacia do Douro durante o Câmbrico e o Ordovícico inferior: um exemplo de sedimentação controlada pela tectónica. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, Lisboa, **87**; 5-12.

[8] COKE, C., DIAS, R. & RIBEIRO, A. (2003). Rheologically induced structural anomalies in transpressive regimes. *Journal of Structural Geology*, **25**; 409-420.

[9] COKE, C., GOMES, M.E.P. & RIBEIRO, A. (1999a). Contribution for the study of the early Ordovician bimodal volcanism for the Marão mountain, Northern Portugal. *Journal of Conference Abstracts*, **4**; 1007.

[10] COKE, C., PIRES, C.A.C., SÁ, A.A. & RIBEIRO, A. (1999b). The transition Cambrian/Ordovician in Centro-Iberian Zone of the Trás-os-Montes region (NE Portugal); the acid volcanism as stratigraphic correlation element. *Journal of Conference Abstracts*, **4**; 1007-1008.

[11] COKE, C., PIRES, C.A.C., SÁ, A.A. & RIBEIRO, A. (2001). O Vulcanismo na transição Câmbrico/Ordovícico da zona Centro-Ibérica na região de Trás-os-Montes (NE Portugal) como elemento de referência estratigráfica. *Cadernos del Laboratório Xeolóxico de Laxe*, Coruña, **26**; 121-136.

[12] COKE, C., PIRES, C.C. & SOUSA, M.B. (1995). A base do Ordovícico no autóctone da serra do Marão e a sua relação com o Câmbrico. *In:* RODRÍGUEZ ALONSO, M.D. & GONZALO CORRAL, J.C. (eds). *Comunicaciones de la XIII Reunión de Geología del Oeste Peninsular y Reuniones PICG-319/320*, Salamanca, 54-58.

[13] COKE, C.J.M. (1992). *Análise estrutural de um sector do autóctone da Serra do Marão*. Dissertação apresentada no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Secção de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 122 p.

[14] COKE, C.J.M. (2000b). *Evolução Geodinâmica do ramo sul da Serra do Marão: um caso de deformação progressiva em orógenos transpressivos*. Tese de Doutoramento n. publ. Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 330 p.

[15] CONSULPLANO (1980). *Estudo Geológico-Geotécnico Volume IX.A - Texto.* Projecto de Execução da Variante à EN15, Amarante – Campeã.

[16] CONSULPLANO (1980). *Estudo Geológico-Geotécnico Volume IX.B – Prospecção Mecânica.* Projecto de Execução da Variante à EN15, Amarante – Campeã.

[17] CONSULPLANO (1980). *Estudo Geológico-Geotécnico - Peças Desenhadas.* Projecto de Execução da Variante à EN15, Amarante – Campeã.

[18] CONSULPLANO (1980). *Estudo Geológico-Geotécnico Volume IX.C – Prospecção Geofísica.* Projecto de Execução da Variante à EN15, Amarante – Campeã.

[19] CONSULPLANO (1980). *Estudo Geológico-Geotécnico Volume IX.D – Ensaios laboratoriais.* Projecto de Execução da Variante à EN15, Amarante – Campeã.

[20] DELGADO, J.F.N. (1892). Contributions a l'étude des terrains anciens du Portugal. Sur l'existence de fossiles dans des schistes maclifères. *Communicações da Commissão dos Trabalhos Geológicos de Portugal*, **2**(15); 216-219.

[21] DELGADO, J.F.N. (1908). Système Silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique. *Memórias e Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa, 245 p.

[22] DÍEZ BALDA, M.A., VEGAS, R., GONZÁLEZ LODEIRO, F. (1990). Central Iberian Zone: Structure. *In:* DALLMAYER, R.D. & MARTÍNEZ GARCÍA, E. (eds.) *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlin, 172-188.

[23] FARIAS, P., GALLASTEGUI, G., GONZÁLEZ LODEIRO, F., MARQUÍNEZ, J., MARTÍN PARRA, L.M., MARTÍNEZ CATALÁN, J.R., DE PABLO MACIÁ, J.G. & RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L.R. (1987). Aportaciones a lo conocimiento de la litoestratigrafía y estructura de Galícia Central. *Memórias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências do Porto*, **1**; 411-431.

[24] JORNAL FLOR DO TÂMEGA (1988), pág.3

[25] JORNAL DE AMARANTE (1988), pág.1

[26] FRANÇA, ADALBERTO (2006). *Vias de Comunicação 1,*Textos didácticos

[27] FRANÇA, ADALBERTO (2006). *Vias de Comunicação 2,*Textos didácticos

[28] FRANÇA, ADALBERTO (2007). *Complementos de Estradas e Aerodromos,* Textos Didácticos

[29] FREIRE, J.L.S. (1946). O jazigo de magnetite de Vila Cova do Marão. Nota preliminar sobre a sua estrutura, origem e evolução. *Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço do Fomento Mineiro*, Porto, **2**; 140-150.

[30] GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. & BERNÁRDEZ, E. (2003). *Un tesoro geológico en la Autovía del Cantábrico. El Túnel Ordovícico del Fabar en Ribadesella, Asturias*. Ministério de Fomento, 398 p.

[31]INTECSA, ECOSERVIÇOS (2004), *Fase de Estudo Prévio, IP4 - Amarante – Vila real IP3 – resumo Não Técnico*, Lisboa, 39p.

[32] INTECSA, ECOSERVIÇOS (2004), *Fase de Estudo Prévio, IP4 – Amarante – Vila Real IP3 – Estudo de Impacte Ambiental – Peças Desenhadas*. Lisboa

[33]INTECSA, ECOSERVIÇOS (2004), *Fase de Estudo Prévio IP4 – Amarante – Vila Real IP3 – Estudo de Impacte Ambiental – Peças Escritas*. Lisboa

[34] JUNTA AUTONOMA DE ESTRADAS (1974), *Normas de Projecto*

[35] JUNTA AUTONOMA DE ESTRADAS (1991), *Normas de Traçado P3-91*

[36] JUNTA AUTONOMA DE ESTRADAS (1991), *Normas de Nós de Ligação P6-90*

[37] JUNTA AUTONOMA DE ESTRADAS (1998), *Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação*

[38] LNEC (1967). *Solos - Determinação do CBR (E198),* Documentação Normativa

[39] LNEC (1967). *Solos - Ensaio de Equivalente de Areia (E199),* Documentação Normativa

[40] LNEC (1971). *Solos - Classificação para fins rodoviários (E240),* Documentação Normativa

[41] LNEC (1971). *Solos e Agregados - Estabilização Mecânica (E244),* Documentação Normativa

[42] LNEC (1971). *Inertes para argamassas e betões – Determinação da Baridade (E247),* Documentação Normativa

[43] LNEC (1971). *Agregados – Ensaio de Desgaste pela Máquina de Los Angeles(E237),* Documentação Normativa

[44] LNEC (1966). *Solos – Proctor (E197),* Documentação Normativa

[45] MARTÍNEZ CATALÁN, J.R., MARTÍNEZ POYATOS, D. & BEA, F. (coords.) (2004). Zona Centro-Ibérica. *In:* VERA, J.A. (ed.). *Geología de España*, SGE-IGME, Madrid, 68-133.

[46] MCDOUGALL, N., BRENCHLEY, P.J., REBELO, J.A. & ROMANO, M. (1987). Fans and fan deltas – precursors to the Armorican Quartzite (Ordovician) in western Iberia. *Geological Magazine*, *124*(4); 347-359.

[47] NEIVA, J.M.C. & CERVEIRA, A.M. (1951). A estrutura do jazigo de magnetite de Vila Cova do Marão. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **32**; 223-230.

[48] NEIVA, J.M.C. (1946). Características e génese do minério magnetítico de Vila Cova (Serra do Marão). *Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço do Fomento Mineiro*, Porto, **2**(3-4); 151-174.

[49] NEIVA, J.M.C. (1949). Geologia e génese dos minérios de ferro portugueses – seu interesse para a siderurgia. *Memórias e Notícias do Museu e Laboratório Geológico e Mineralógico da Universidade de Coimbra*, **26**; 1-62.

[50] NEIVA, J.M.C. (1952). Sur la genèse des principaux gisements portugais de minerais de fer. *Memórias e Notícias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico e do Centro de Estudos Geológicos da Universidade de Coimbra*, **43**; 1-82.

[51] NEIVA, J.M.C., SILVA, G.H. & PUREZA, F.G. (1957). Novas jazidas de ferro da Serra do Marão e contribuição para o estudo geológico desta serra. *Memórias e Notícias do Museu e Laboratório Geológico e Mineralógico da Universidade de Coimbra*, **43**; 1-82.

[52]NORVIA (2001). *A7/IC5: Lanço Guimarães – Fafe, Projecto de execução, Volume 3*, Lisboa

[53] PEREIRA, E. & RIBEIRO, A. (1983). Tectónica do sector noroeste da Serra do Marão. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **69**(2); 283-290.

[54] PEREIRA, E. (1989). *Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50.000 e notícia explicativa da Folha 10-A (Celorico de Basto),* Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 53 p.

[55] PEREIRA, E. (coord.) (2000). *Carta Geológica de Portugal à escala 1:200.000, Folha 2*. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

[56] PEREIRA, E. S. (1987). *Estudo geológico-estrutural da região de Celorico de Basto e a sua interpretação geodinâmica*. Tese de Doutoramento n. publ., Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 274 p.

[57] PIÇARRA, J.M., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., SÁ, A.A., MEIRELES, C. & GONZÁLEZ-CLAVIJO, E. (2006). Silurian graptolite biostratigraphy of the Galicia – Trás-os-Montes Zone (Spain & Portugal), *GFF*, **128**; 185-188.

[58] PRIEM, H.N.A. (1962). Geological, Petrological and Mineralogical investigations in the Serra do Marão region, Northern Portugal. *N.V. Noord-Hollandsche Uitgvers-Maatschappij, Amsterdam*, 160 p.

[59] QUESADA, C. (1991). Geological constrains on the Paleozoic tectonic evolution of tectonostratigraphic terranes in the Iberian Massif. *Tectonophysics*, **185**; 225-245.

[60] QUESADA, C. (1992). Evulución Tectónica del Macizo Ibérico (Una história de crecimiento por acrecencia sucesiva de terrenos durante el Proterozoico superior y el Paleozoico). *In:* GUTIÉRREZ MARCO, J.C., SAAVEDRA, J. & RÁBANO, I. (eds.). *Paleozóico Inferior de Ibero-América*, Universidad de Extremadura, 173-190.

[61] RIBEIRO, A., CRAMEZ, C., SILVA, L.C. & MACEDO, J. (1962). Nota sobre a geologia da Serra do Marão. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, **14**; 151-170.

[62] ROMÃO, J.M.C., COKE, C., RIBEIRO, A. & OLIVEIRA, J.T. (1995). Ensaio de correlação das unidades vulcano-sedimentares posicionadas entre o Super-Grupo Dúrico-Beirão e a Formação do Quartzito Armoricano (Zona Centro-Ibérica, ZCI). *In:* RODRÍGUEZ ALONSO, M.D. & GONZALO CORRAL, J.C. (eds). *Comunicaciones de la XIII Reunión de Geología del Oeste Peninsular y Reuniones PICG-319/320*, Salamanca, 144-145.

[63] SÁ, A.A. (2005). *Bioestratigrafia do Ordovícico do nordeste de Portugal*. Tese de Doutoramento n. publ. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 571 p.

[64] SÁ, A.A., COKE, C. & PIÇARRA, J.M. (2002). Redescoberta do material tipo de *"Lingulella" major* TEIXEIRA, RIBEIRO & SILVA, 1964 (braquiópode quitinofosfático) e as suas implicações estratigráficas para o Paleozóico do Norte de Portugal. *In:* CIVIS, J. & GONZÁLEZ DELGADO, J.A. (eds.). *Libro de Resúmenes de las XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología e II Congreso Ibérico de Paleontología,* Salamanca, 136-137.

[65] SÁ, A.A., MEIRELES, C., COKE, C. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (2003). Reappraisal of the Ordovician stratigraphy and paleontology of Trás-os-Montes (Central-Iberian Zone, NE Portugal). *INSUGEO, Serie Correlación Geológica*, **17,** 131-136.

[66] SÁ, A.A., MEIRELES, C., COKE, C. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (2005). Unidades litoestratigráficas do Ordovícico da região de Trás-os-Montes (Zona Centro-Ibérica, Portugal). *Comunicações Geológicas*, **92**, 31-74.

[67] SANTOS, J.L.G. & NEIVA, J.M.C. (1948). Vila Cova (Serra do Marão) – importante jazigo de magnetite do norte de Portugal. *Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço do Fomento Mineiro*, Porto, **3**; 3-16.

[68] SANTOS, J.L.G. (1946). Sobre o interesse técnico-industrial do jazigo de ferro de Vila Cova do Marão. *Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço do Fomento Mineiro*, Porto, **2**(3-4), 175-224.

[69] SILVA, J.C., TAVARES, R.(1995). Trás-os-Montes e Alto Douro. *Portugal Passo a Passo*, Amadora, 11-17

[70] SOUSA, M.B. (1982). *Litoestratigrafia e estrutura do "Complexo Xisto-Grauváquico Ante-Ordovícico" – Grupo do Douro (Nordeste de Portugal).* Tese de Doutoramento n. publ., Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 222p.

[71] TEIXEIRA, C. (1974). Aspectos da Geologia e da Paleontologia da Serra do Marão. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, **19**; 1-8.

[72] TEIXEIRA, C., FERNANDES, A.P. & PERES, A. (1967). *Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50.000 e notícia explicativa da Folha 10-C (Peso da Régua)*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 60 p.

[73] TEIXEIRA, C., RIBEIRO, A. & SILVA, L.C. (1964a). La faune de Lingulelinae des formations ante-ordoviciennes de Marão. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, **15**; 117-122.

[74] TEIXEIRA, C., RIBEIRO, A. & SILVA, L.C. (1964b). The Lingulelinae fauna from the Marão Ante-Ordovician Formations. *22nd International Geological Congress,* New Delhi, **8**(3); 16-19.

[75] *Sebenta Geologia da Engenharia*, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, 2ºano, FEUP Edições

[76] http://pt.wikipedia.org/wiki/Amarante_28%Portugal%29. (acesso em 27 de Setembro de 2007)

[77] http://pt.wikipedia.org/wiki/Vila_Real. (acesso em 27 de Setembro de 2007)

[78] http://pt.wikipedia.org/wiki/Mur%C2%A7a. (acesso em 27 de Setembro de 2007)

[79] http://pt.wikipedia.org/wiki/Mirandela. (acesso em 27 de Setembro de 2007)

[80] http://pt.wikipedia.org/wiki/Macedo_de_Cavaleiros. (acesso em 27 de Setembro de 2007)

[81]http://pt.wikipedia.org/wiki/Bragan%C3%A7a_%28Portugal%29. (acesso em 27 de Setmbro de 2007)

[82] http://www.iep.pt/mapa_estradas.htm , (acesso em 27 de Setembro de 2007)

[83] http://pt.wikipedia.org/wiki/Serras_de_Portugal. (acesso em 23 de Outubro de 2007)

[84] http://www.rtsmarao.pt/informacaoport.htm, (acesso em 23 de Outubro de 2007)

[85] http://www.360portugal.com. (acesso em 30 de Setembro de 2007)

[86] http://dn.sapo.pt/tools/imprimir.html?file=/2004/10/30/pais/ip4_ser_corrigido_marao.html. (acesso em 16 de Outubro de 2007)

[87]http://dn.sapo.pt/tools/imprimir.html?file=/2007/06/25/nacional/prioridade_ligaçao_vila_real_braganca. (acesso em 24 de Outubro de 2007)

[88] http://darwin.icn.pt. (acesso em 25 de Outubro de 2007)

[89] http://www.spea.pt/IBA(IBAs%20PDF/PT049.pdf. (acesso em 23 de Outubro de 2007)

[90] http://www.icn.pt/psrn2000/cartog_web_sitios.html. (acesso em 23 de Outubro de 2007)

[91] http://pt.wikipedia.org/wiki/Parque_Natural_do_Alv%C3%A3o (acesso em 23 de Outubro de 2007)

[92]http://portal.icn.pt/ICNPortal/vPT/Areas+Protegidas/ParquesNaturais/Alvão/ValoresNaturais/Flora+e+vegetação.htm (acesso em 25 de Outubro de 2007)

[93]http://portal.icn.pt/ICNPortal/vPT/Areas+Protegidas/ParquesNaturais/Alvão/ValoresNaturais/Fauna.htm (acesso em 25 de Outubro de 2007)

[94] http://home.utad.pt/~rfvr/reg_dem_douro.html. (acesso em 23 de Outubro de 2007)

[95] http://193.136.14.136/ccc/revista/Num17/Pag%205-18.pdf, (acesso em 15 de Novembro de 2007)

[96] http://pt.wikipedia.org/wiki/Peso_da_R%3C3%A9gua. (acesso em 22 de Fevereiro de 2008)

[97] http://pt.wikipedia.org/wiki/Santa_Marta_de_Penagui%C3%A3o. (acesso em 22 de Fevereiro de 2008)

[98] http://pt.wikipedia.org/wiki/Celorico_de_Basto. (acesso em 22 de Fevereiro de 2008)

[99] http://pt.wikipedia.org/wiki/Mondim_de_Basto. (acesso em 22 de Fevereiro de 2008)

[100] http://pt.wikipedia.org/wiki/Bai%C3%A3a%28Portugal%29.(acesso em 22 de Fevereiro de 2008)

[101] http://pt.wikipedia.org/wiki/Mes%C3%A36_Frio. (acesso em 22 de Fevereiro de 2008)

[102] http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Arrow_North_CFCF.svg (acesso em 5 de Maio de 2008)

[103] http://www.googleearth.com (acesso em 4 de Outubro de 2007)

[104] "Carta de ripabilidades para ripper D9G" – Performance Handbook – Edition 2, s/data

[105] FORWAYS, *Portugal Road Map +18Main City Mpas 2008*

ANEXOS

ANEXO A1 – FICHA PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS TALUDES Nº1

FICHA PARA CARACTERIZAÇÃO DOS TALUDES DO IP4 (Nó de Ansiães – Alto de Espinho)

Data: __ / __ / __

Talude nº: _____ Estação nº:_____ Km:_____

Litologia: _____

_____

Estrutura: _____

_____

_____

Cota do talude(m): _____ Altura do talude (m):_____

	SIM	NÃO
C/ queda de blocos		
C/ exsurgência de água		
C/ escorrência na valeta		
C/ vegetação		
C/ sulfuretos		
C/ banquetas		

Queda de blocos:

Dimensões:_____ Quantidade:_____

Banquetas:

Nº Banqueta	Altura (m)	Largura (m)	Inclinação (º)	C/ queda de blocos	
				SIM	NÃO

Grau de alteração:

Visual:_____

Diaclases:

Obs:

ANEXO A2 – FICHA PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS TALUDES Nº2

Estação:_____

Abertura das descontinuidades (mm):

Grupos lito-estruturais:

Resistente, Maciço	☐	Resistente, Descontínuo	☐
Tipo solo	☐	Compósito	☐
Enfraquecido tectonicamente	☐	Anisotrópico	☐

Formas de deterioração:

Escamamento	☐	Slabbing e Toppling	☐
Queda de blocos	☐	Desprendimento	☐
Queda de rochas	☐	Erosão Superficial	☐
Fluxo de detrito	☐		

ANEXO A3 – DADOS RECOLHIDOS RELATIVAMENTE À ESTABILIDADE DOS TALUDES

Talude nº1

Dip	Dip Direction
N80W	45N
N50W	60SW
N90E	60S
N10E	70E
N10E	70E
N20W	80E
N20W	80E
N75W	68N
N50W	72NE
N50W	72NE
N50W	72NE
N10W	70E
N40W	90E
N10W	70E
N10W	70E
N10W	70E
N20E	85N
N20E	85N
N60W	70SW
N60W	70SW
N40E	75SE
N40E	75SE
N30W	60NE
N30W	60NE
N30W	60NE
N30W	60NE
N30W	60NE
N60W	65SW

Dip	Dip Direction
N60W	70SW
N70W	70E
N70W	70E
N70W	70E
N70W	70E
N70W	70E
N70W	70E
N70W	70E
N70W	70E
N60W	70SW
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10E	55E
N10W	20W
N70W	70S
N5W	60E
N5W	60E
N5W	60E
N60W	65SW

Dip	Dip Direction
N50W	85SW
N50W	85SW
N50W	85SW
N50W	85SW
N50E	10NW
N50E	10NW
N50E	10NW
N50E	10NW
N50E	10NW
N15W	60S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N10W	50E
N10W	50E
N10W	50E
N40E	75SE
N40E	75SE
N60E	68SE
N30E	85SE
N5W	60E
N5W	60E
N5W	60E
N80W	10N
N80W	10N
N10E	70E

Dip	Dip Direction
N20E	85SE
N20E	85SE
N20E	85SE
N20E	85SE
N20E	85SE
N70W	80N
N70W	80N
N70W	80N
N70W	80N
N30W	65SW
N70W	80S
N30E	80SE
N30E	80SE
N30E	80SE
N90E	50S
N30W	48SW
N30W	48SW
N30W	48SW
N70W	40N
N60W	85SW
N60W	85SW
N30W	60NE
N60W	65SW
N60W	65SW
N60W	65SW
N60W	65SW
N60W	65SW
N10E	70E

Talude nº1 – Continuação

Dip	Dip Direction
N10E	70E
N10E	70E
N10E	70E
N10E	70E
N80E	72N
N80E	72N
N80E	72N
N80E	72N
N80E	72N

Dip	Dip Direction
N80E	72N
N80E	72N
N80E	72N
N80E	72N
N10E	80W
N10E	80W
N10E	80W
N10E	80W
N70E	74W

Dip	Dip Direction
N50E	55NW
N50E	55NW
N50E	55NW
N50E	55NW
N50E	55NW
N50E	55NW
N50E	55NW
N50E	55NW
N50E	55NW

Dip	Dip Direction
N50E	55NW
N75W	70S
N75W	70S
N75W	70S
N75W	70S
N75W	70S
N75W	70S
N50E	55NW
N50E	55NW

Talude nº2 (L.S)

Dip	Dip Direction
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N75E	68S
N75E	68S
N75E	68S
N75E	68S
N60W	80SW
N60W	80SW
N60W	80SW
N20W	80S
N30E	88SE
N30E	88SE
N30E	88SE

Dip	Dip Direction
N70W	70S
N70W	70S
N70W	70S
N70W	70S
N70W	70S
N70W	70S
N70W	70S
N70W	70S
N70W	70S
N50E	40NW
N80E	30N
N80E	30N
N70E	55E
N70E	55E
N70E	55E
N60W	80SW
N60W	70SW
N10W	28E
N70W	80S
N10E	25E
N10E	25E
N10E	25E
N10W	80E

Dip	Dip Direction
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N40E	25SE
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N10E	25E
N10E	25E
N10E	25E
N10W	80E
N10W	80E

Dip	Dip Direction
N50W	70SW
N60E	65SE
N60E	65SE
N60E	45NW
N60E	70SE
N60E	70SE
N60W	75SW
N70E	50N
N70E	30S
N20E	75E
N60E	70SE
N60E	70SE
N60W	78SW
N60W	78SW
N60W	78SW
N60W	78SW
N20W	80S
N20W	80S
N20W	80S
N10W	80E
N10W	80E
N10W	80E

Talude nº2 (L.N.)

Dip	Dip Direction
N75W	75S
N75W	75S
N75W	75S
N75W	75S
N75W	75S
N75W	75S
N20E	80E
N20E	80E
N20E	80E
N20E	80E
N10E	62E
N10E	62E
N40E	30NW
N40E	30NW
N40E	30NW
N75W	70S
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N30E	70SE
N50W	70SW
N70W	80S
N70W	80S

Dip	Dip Direction
N70W	65S
N70W	65S
N70W	65S
N70W	65S
N70W	65S
N10E	72E
N10E	72E
N10E	72E
N10E	72E
N60W	80SW
N60W	80SW
N60W	80SW
N70W	85S
N80W	85S
N70W	58S
N30E	70SE
N30E	70SE
N60W	40SW
N70W	80N
N70W	80N
N10W	60E
N70W	80S
N70W	80S

Dip	Dip Direction
N70W	85S
N70W	85S
N70W	85S
N80W	72S
N80W	72S
N80W	72S
N80W	72S
N80W	72S
N80W	72S
N90E	58N
N10W	30W
N10W	30W
N20E	30W
N10E	22W
N20E	70E
N75W	70S
N10W	60E
N10W	60E
N10W	60E
N10W	60E
N80W	70S
N80W	70S
N70W	80S
N10E	65E

Dip	Dip Direction
N20W	60E
N70W	85N
N10W	60E
N80W	78S
N80W	78S
N80W	78S
N80W	78S
N10W	58E
N70W	80N
N70W	80N
N70W	80N
N70W	80N
N20E	70E
N20E	70E
N75W	70S
N30E	20NW
N60E	80SE
N10W	48E
N10W	48E
N10W	48E
N10W	48E
N70W	75S

Talude nº3

Dip	Dip Direction
N20E	80E
N50E	70SE
N50E	70SE
N50E	70SE
N50E	70SE
N50E	70SE
N70W	85N
N70W	85N
N70W	85N
N70W	85N

Dip	Dip Direction
N70W	85N
N40W	72NE
N40W	72NE
N40W	72NE
N40W	72NE
N20E	65E
N20E	65E
N20E	65E
N20E	65E
N50E	50NW

Dip	Dip Direction
N50W	72SW
N50W	72SW
N15W	60E
N15W	60E
N5E	70E
N5E	70E
N5E	70E
N35W	50SW
N30E	70SE
N70W	70S

Dip	Dip Direction
N30E	70SE
N30E	70SE
N20W	30W
N20W	30W
N20W	30W
N30E	65SE
N10W	50E
N50E	50NW
N50E	50NW
N50W	45SW

Talude nº3 - Continuação

Dip	Dip Direction
N50W	45SW
N50W	45SW
N50W	45SW
N50W	45S
N20E	70E
N20E	70E
N20E	70E
N20E	70E
N20E	70E
N20E	70E
N70W	85S
N70W	85S
N30E	80NW
N30E	80NW

Dip	Dip Direction
N70W	85S
N70W	85S
N70W	85S
N70W	85S
N50E	20SE
N50E	20SE
N50E	20SE
N50E	20SE
N50E	20SE
N50E	20SE
N20W	50E
N20W	50E
N80W	82S
N80W	82S

Dip	Dip Direction
N60W	62SW
N10W	80W
N10W	80W
N40E	88NW
N40E	88NW
N40E	88NW
N40E	80NW
N90W	88N
N90W	88N
N90W	88N
N90W	88N
N30E	80NW
N80W	82S

Dip	Dip Direction
N30E	70SE
N30E	80SE
N30E	80SE
N30E	80SE
N30E	80SE
N80W	80S
N80W	80S
N80W	80S
N10E	82W
N5W	45E
N50E	70SE
N40E	88NW
N30E	82NW

Talude nº4

Dip	Dip Direction
N50W	80SW
N50W	80SW
N50W	80SW
N50W	80SW
N50W	80SW
N50W	80SW
N40E	68NW
N40E	68NW
N40E	68NW
N40E	68NW
N40E	68NW
N15E	54E
N10W	32W
N50W	70NE
N60W	50SW
N60W	50SW
N10E	60E
N10E	60E
N65W	72SW

Dip	Dip Direction
N10W	32W
N10W	32W
N10W	32W
N10W	32W
N10W	32W
N10W	32W
N10W	32W
N10W	32W
N10W	32W
N10W	32W
N30W	18SW
N70W	68S
N70W	68S
N60W	76SW
N60W	76SW
N10E	60E
N10E	60E
N10W	80E
N80W	48S
N65W	72SW

Dip	Dip Direction
N5E	58W
N5E	58W
N5E	58W
N50W	70SW
N50W	70SW
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N20E	75E
N20E	75E
N20E	75E
N20E	75E
N20E	75E
N80W	48S
N10E	78W
N30E	76NW
N10E	82SE
N65W	72SW

Dip	Dip Direction
N90E	32S
N20E	75W
N80W	25S
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N70W	78S
N70W	78S
N70W	78S
N60W	48SW
N60W	50SW
N60W	50SW
N10E	82SE
N80W	48S
N70W	76S
N70W	60N
N65W	72SW

Talude nº4 – Continuação

Dip	Dip Direction
N50E	50SE
N50E	50SE
N70W	75S
N70W	75S
N20E	82W
N20E	82W
N20E	82W

Dip	Dip Direction
N5E	60E
N5E	60E
N5E	60E
N5E	60E
N5E	60E
N5E	60E

Dip	Dip Direction
N60W	68SW
N60W	68SW
N60W	68SW
N60W	68SW
N60W	68SW
N60W	68SW

Dip	Dip Direction
N20E	82W
N20E	82W
N20E	82W
N20E	82W
N80E	68N
N5E	60E

Talude nº5.1

Dip	Dip Direction
N70W	78SW
N70W	78SW
N70E	70NE
N30W	70E
N80W	58S
N80W	58S
N5E	58w
N85W	90S
N50W	64NE
N40W	52NE
N30W	85NE
N18W	75E

Dip	Dip Direction
N40E	40SE
N40E	40SE
N40E	40SE
N20W	62E
N15E	88W
N15E	88W
N15E	88W
N5E	65E
N60E	75SE
N70E	80S
N70E	80S

Dip	Dip Direction
N30E	90SE
N20E	85W
N20E	85W
N20E	85W
N20E	85W
N20E	85W
N20E	85W
N20E	85W
N20E	85W
N20E	85W
N40W	85SW

Dip	Dip Direction
N30E	62NW
N30E	62NW
N50W	60SW
N70W	77N
N10W	56W
N10W	56W
N10W	56W
N20E	85W
N50E	76SE
N30E	62NW
N0E	62E

Talude nº5.3

Dip	Dip Direction
N20W	N2E
N20W	N2E
N20W	N2E
N20W	N2E
N20W	N2E
N10E	58E
N10E	58E
N10E	58E
N40E	75SE

Dip	Dip Direction
N10E	42E
N30W	70NE
N40W	82SW
N40W	82SW
N40W	82SW
N40W	82SW
N40W	82SW
N40W	82SW
N20W	62E

Dip	Dip Direction
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N70W	80S
N20E	72E
N20E	72E
N20E	72E
N40E	75SE

Dip	Dip Direction
N10W	44E
N10W	44E
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N80E	50S
N20E	70E
N40E	75SE
N75W	60S

Talude nº5.3 – Continuação

Dip	Dip Direction
N30W	42NE
N30W	42NE
N70W	75N
N60W	38SW
N70W	70S
N20E	78E
N20E	78E
N20E	78E
N20E	78E
N20E	78E
N50E	68SE
N50W	84NE
N50W	84NE
N20E	78E

Dip	Dip Direction
N70W	70S
N30W	80SW
N30W	80SW
N30W	80SW
N70W	68N
N70W	68N
N70W	68N
N50W	84NE
N50W	84NE
N50W	84NE
N50W	84NE
N30W	78SW
N20E	78E

Dip	Dip Direction
N40W	80SW
N40W	80SW
N5W	80E
N5W	80E
N5W	80E
N5W	80E
N5W	80E
N5W	80E
N30W	78SW
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E

Dip	Dip Direction
N90W	40N
N90W	40N
N90W	40N
N90W	40N
N40W	48NE
N40W	48NE
N20E	75E
N20E	75E
N10W	50E
N40W	70NE
N55W	75NE
N55W	75NE
N55W	75NE

Talude nº6 (L.S.)

Dip	Dip Direction
N60W	88NE
N60W	88NE
N60W	88NE
N60W	88NE
N60W	88NE
N50E	28NW
N30E	65SE
N20W	70E
N40E	70NW
N40E	70NW
N70W	70N

Dip	Dip Direction
N30E	65SE
N30E	60NW
N70W	80S
N50E	52NW
N30W	65NE
N40W	35NE
N30E	60NW
N70E	68N
N70E	68N
N30E	64NW
N30E	64NW

Dip	Dip Direction
N40E	72NW
N40E	72NW
N40E	72NW
N40E	72NW
N40E	72NW
N40E	72NW
N40E	72NW
N40E	72NW
N40E	72NW
N40E	68NW
N40E	60NW
N60E	70NW

Dip	Dip Direction
N60E	72NW
N60E	72NW
N60E	58NW
N60E	58NW
N60E	58NW
N60E	58NW
N60E	58NW
N60E	58NW
N60E	58NW
N60E	58NW
N60E	72NW

Talude nº6.1 (L.N.)

Dip	Dip Direction
N40W	60NE
N40W	60NE
N40W	60NE

Dip	Dip Direction
N40W	60NE
N40W	60NE
N20E	84E

Dip	Dip Direction
N20E	84E
N50E	15NW
N50E	15NW

Dip	Dip Direction
N40W	75NE
N40W	75NE
N40W	75NE

Talude nº6.1 (L.N) – Continuação

Dip	Dip Direction
N40W	75NE
N65W	60NE
N85W	82S
N55W	80NE
N55W	80NE
N45W	56NE
N45W	56NE
N45W	56NE
N80W	85S
N80W	85S
N80W	85S
N70W	70S
N10W	75E
N10W	75E
N10W	75E
N10W	75E
N10W	75E
N70W	64S
N70W	64S

Dip	Dip Direction
N55W	80NE
N55W	80NE
N55W	80NE
N55W	80NE
N55W	80NE
N75W	55S
N45W	56NE
N70W	55N
N50W	60SW
N70W	70S
N70W	70S
N80W	70S
N60W	78SW
N10W	80E
N10W	80E
N10W	80E
N10W	80E
N70W	64S
N20E	80E

Dip	Dip Direction
N50W	72SW
N50W	72SW
N50W	72SW
N80W	70N
N80W	70N
N80E	56N
N80E	56N
N80E	56N
N85E	66N
N55W	60NE
N70W	70S
N10W	80E
N10W	80E
N70W	82S
N10E	76S
N10E	76S
N10E	76S
N20E	80E
N20E	80E

Dip	Dip Direction
N40W	60NE
N40E	58NW
N60E	64NW
N60E	64NW
N60E	64NW
N20E	74E
N20E	74E
N20E	74E
N20E	74s
N80W	85S
N70W	70S
N40E	60NW
N15E	84S
N15E	84S
N15E	84S
N70W	64S
N70W	64S
N20E	80E

Talude nº6.2 (L.N.)

Dip	Dip Direction
N75W	82S
N75W	82S
N75W	82S
N75W	82S
N75W	82S
N70E	74N
N40E	45NW
N40W	80SW
N40W	80SW
N55W	64SW
N55W	64SW
N55W	64SW
N55W	64SW
N75W	80S

Dip	Dip Direction
N55W	64SW
N10E	75S
N10E	75S
N10E	75S
N60E	18NW
N60E	18NW
N60E	18NW
N60E	18NW
N60E	18NW
N60E	18NW
N50W	64SW
N60W	70NE
N10E	78E
N10E	78E
N75W	80S

Dip	Dip Direction
N75W	50N
N68W	70N
N68W	70N
N50W	74NE
N60E	75SE
N60E	75SE
N60E	75SE
N60E	75SE
N60E	75SE
N60E	75SE
N50W	70NE
N50W	70NE
N50W	70NE
N50W	70NE
N75W	80S

Dip	Dip Direction
N10E	70E
N30W	65NE
N30W	65NE
N65W	80SW
N65W	80SW
N65W	80SW
N0E	82E
N70W	76N
N70W	76N
N70W	76N
N60W	76SW
N5E	86E
N75W	80S
N20E	80E

Talude nº6.2 (L.N.) – Continuação

Dip	Dip Direction
N75W	78S
N10E	86E
N10E	86E
N10E	86E
N10E	86E
N10E	86E
N10E	86E
N40W	60SW
N60W	62NE
N50W	22NE
N20W	50E
N50W	82E
N75E	68N
N75E	68N
N25W	72NE
N25W	72NE
N25W	72NE
N25W	72NE
N50W	76SW
N30W	52NE
N30W	52NE
N30W	52NE
N30W	52NE

Dip	Dip Direction
N75W	78S
N75W	78S
N75W	78S
N40W	60SW
N50W	56NE
N50W	56NE
N50W	56NE
N60W	85NE
N60W	85NE
N60W	85NE
N60W	85NE
N60W	85NE
N60W	85NE
N50W	76SW
N50W	76SW
N15W	72E
N80W	80S
N80W	80S
N80W	80S
N80E	68N
N80W	58S
N80W	58S

Dip	Dip Direction
N60W	85NE
N60W	85NE
N20E	80E
N20E	80E
N70W	65E
N70W	65E
N70W	65E
N10E	80E
N10E	80E
N60E	65NW
N60E	65NW
N60E	65NW
N20E	78E
N20E	78E
N20E	78E
N10W	44E
N10W	44E
N30E	50NW
N30E	50NW
N30W	52NE
N30W	52NE
N80W	58S

Dip	Dip Direction
N20E	78E
N20E	78E
N20E	78E
N20E	78E
N90W	60N
N90W	60N
N90W	60N
N50W	86SW
N50W	86SW
N50W	86SW
N50W	82E
N60W	70SW
N5E	58E
N5E	58E
N30W	55NE
N30W	55NE
N30W	55NE
N75E	68N
N75E	68N
N80E	75N
N80E	75N
N80E	75N

Talude 6.3 (L.N.)

Dip	Dip Direction
N0E	90E
N70W	54S
N70W	54S
N5W	42E
N5W	42E
N50W	75NE
N50W	75NE
N50W	75NE
N50W	75NE
N40E	62NW

Dip	Dip Direction
N40E	62NW
N40E	62NW
N40E	62NW
N60E	56NW
N60E	56NW
N60E	56NW
N40E	48NW
N80E	72N
N10E	66N
N10E	66N

Dip	Dip Direction
N10E	66N
N60W	80SW
N75E	68N
N60W	80SW
N15E	75E
N15E	75E
N50W	80SW
N20W	55E
N20W	55E
N20W	55E

Dip	Dip Direction
N80W	80N
N80W	80N
N80W	80N
N80W	80S
N80W	80S
N70E	64N
N70W	76S
N70W	76S
N70W	76S
N60E	70NW

Talude nº6.3 (L.N.) – Continuação

Dip	Dip Direction
N60W	74SW
N60W	74SW
N20W	60E
N20W	60E
N20W	60E
N60W	65SW
N60W	65SW
N60W	65SW
N50E	70NW
N50E	70NW
N50E	70NW
N60W	80NE
N60W	80NE

Dip	Dip Direction
N50E	72NW
N5W	78E
N5W	78E
N5W	78E
N5W	78E
N40E	70NW
N40E	70NW
N40E	70NW
N70W	75S
N70W	75S
N70W	75S
N45W	85SW
N80E	50N

Dip	Dip Direction
N60E	64NW
N60E	64NW
N60E	64NW
N0E	85E
N0E	85E
N0E	85E
N40W	62NE
N40W	62NE
N40W	62NE
N40W	62NE
N40W	62NE
N80E	50N

Dip	Dip Direction
N40W	62NE
N40E	73NW
N70W	65S
N30W	80NE
N30W	80NE
N30W	80NE
N80W	50S
N20E	70E
N40E	66NW
N80E	50N
N80E	50N
N80E	50N

Talude nº7

Dip	Dip Direction
N10E	56E
N50W	68SW
N30E	78NW
N30E	78NW
N30E	78NW
N30E	78NW
N70W	60S
N30W	80NE
N20E	80W
N30E	85NW
N10E	50E
N10E	50E
N10E	50E
N10E	50E
N0E	64E
N20E	86E
N30E	86E
N30E	86E
N30E	86E
N70W	65S

Dip	Dip Direction
N0E	64E
N30E	85SE
N40W	70SW
N30E	42SE
N20W	65E
N10W	48E
N30E	78NW
N20W	82E
N60W	70SW
N60W	70SW
N60W	70SW
N60W	70SW
N20E	90E
N30E	82NW
N30E	82NW
N60W	62SW
N60W	62SW
N60W	62SW
N60W	62SW
N70W	65S

Dip	Dip Direction
N30E	86SE
N30E	86SE
N25W	78NE
N25W	78NE
N25W	78NE
N20E	88E
N20E	88E
N20E	88E
N20E	88E
N20E	88E
N70W	22N
N70W	22N
N26E	88NW
N20E	86E
N60W	62SW
N60W	62SW
N30E	82NW
N30E	82NW
N30E	82NW
N70W	65S

Dip	Dip Direction
N20E	86E
N20E	86E
N20E	86E
N20E	90E
N20E	90E
N30W	68NE
N50E	65NW
N50E	65NW
N50E	65NW
N50E	65NW
N30E	72NW
N60E	74NW
N70W	52S
N70W	52S
N70W	52S
N20E	86E
N20E	86E
N20E	86E
N70W	65S
N50W	70SW

Talude nº8

Dip	Dip Direction
N30E	78NW
N30E	78NW
N30E	78NW
N60E	76SE
N60E	76SE
N60E	76SE
N5W	70W
N50W	76NE
N60E	82SE
N40W	58SW
N40W	58SW
N40W	58SW
N40W	58SW
N60E	80NW
N60E	80NW
N60E	80NW
N40W	70SW
N60E	70SE
N70W	38S
N70W	55S
N70W	55S
N70W	55S
N20W	75E
N20W	75E

Dip	Dip Direction
N40W	80SW
N70E	80S
N50W	60SW
N50W	60SW
N50W	60SW
N50W	60SW
N50W	60SW
N70E	85S
N50E	72SE
N70W	75S
N70W	75S
N70W	75S
N70W	75S
N70W	54S
N70W	54S
N70W	54S
N70W	54S
N70W	54S
N20W	75E
N45W	52SW
N75W	60S
N75W	60S
N30E	86NW
N20W	70E

Dip	Dip Direction
N20W	68E
N50W	65SW
N50W	65SW
N50W	65SW
N20W	75E
N50E	85NW
N50E	85NW
N50E	85NW
N50E	85NW
N50E	85NW
N50E	85NW
N30E	70NW
N60W	65SW
N60W	65SW
N60W	65SW
N60W	65SW
N50W	70SW
N50W	55SW
N50W	55SW
N60W	68SW
N60W	68SW
N40E	88NW
N20W	70E
N20W	70E
N60W	68SW

Dip	Dip Direction
N50W	55SW
N50W	55SW
N50E	90SE
N50E	90SE
N50E	90SE
N50E	90SE
N50E	90SE
N50E	90SE
N50W	52SW
N50W	52SW
N50W	52SW
N50W	52SW
N40W	52SW
N40W	52SW
N40W	52SW
N50W	58SW
N20W	70E
N40E	86SE
N40E	86SE
N40E	86SE
N20W	70E
N20W	70E
N60W	68SW

Talude nº9.1

Dip	Dip Direction
N10E	78E
N50W	78NE
N50W	78NE
N50W	78NE
N20W	75E
N70W	60S
N30W	85NE
N70W	60S
N10W	75E

Dip	Dip Direction
N20W	70E
N40E	78SE
N20W	68E
N20W	68E
N20W	68E
N30W	70NE
N20W	78E
N80W	60S
N80W	60S

Dip	Dip Direction
N80W	60S
N80W	60S
N80W	60S
N80W	60S
N10W	65E
N10W	65E
N20E	85W
N15W	70E
N15W	70E

Dip	Dip Direction
N30E	88NW
N30E	88NW
N30E	88NW
N30E	88NW
N30E	88NW
N30E	88NW
N5W	75E
N70E	42S
N70E	42S

Talude nº9.1 – Continuação

Dip	Dip Direction
N10W	80E
N40E	85NW
N10E	77E

Dip	Dip Direction
N20E	88E
N30E	56SE
N70W	56S

Dip	Dip Direction
N70W	56S
N70W	56S
N70W	56S

Dip	Dip Direction
N50W	60SW
N30W	60NE

Talude nº9.2

Dip	Dip Direction
N30W	75NE
N90E	75S
N70W	45S
N70W	60S
N70W	60S
N20E	88W
N40E	75NW
N40E	75NW
N40E	75NW
N0E	70E
N0E	70E
N0E	70E
N30E	80NW
N30E	80NW
N30E	80NW

Dip	Dip Direction
N40W	64SW
N40W	64SW
N40W	64SW
N25W	72NE
N10E	90E
N10W	75E
N10W	90E
N80W	80S
N30W	66NE
N50E	80NW
N40W	76NE
N0E	80E
N30W	82NE
N20W	75E
N5E	80E

Dip	Dip Direction
N45W	65NE
N45W	65NE
N0E	70E
N0E	70E
N0E	70E
N60W	70SW
N10E	66E
N20W	70E
N30W	75NE
N30W	60NE
N20E	82W
N20W	62E
N60W	40NE
N60W	70SW
N15W	65E

Dip	Dip Direction
N20W	90E
N75W	80S
N80W	45N
N80W	45N
N80W	45N
N80W	45N
N80W	45N
N70W	60S
N40W	90NE
N10E	76W
N30W	75NE
N30E	80NW
N30E	80NW
N20W	70E
N20W	70E

Talude nº9.3

Dip	Dip Direction
N20W	70E
N20W	70E
N20W	70E
N20W	70E
N10W	80E
N65W	70SW
N20W	70E
N20W	70E
N30E	65NW
N40W	84NE

Dip	Dip Direction
N30E	65NW
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N85E	80N
N85E	80N
N30E	82SE
N30E	82SE
N80E	80N

Dip	Dip Direction
N30E	82SE
N30W	76NE
N20E	86E
N30W	75SW
N60W	65NE
N50W	78NE
N20E	72W
N30E	88SE
N30E	88SE
N30E	88SE

Dip	Dip Direction
N30E	88SE
N30E	88SE
N80W	70N
N40W	70NE
N40W	70NE
N15W	80E
N85W	78S
N85W	78S
N40W	72NE
N10E	88E

Talude nº9.3 – Continuação

Dip	Dip Direction
N10E	88E
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E

Dip	Dip Direction
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N20E	82E
N80W	70N

Dip	Dip Direction
N50W	90SW
N80W	78N
N10E	86E
N50W	70NE
N30E	80SE

Dip	Dip Direction
N30E	80SE
N30E	80SE
N70W	78S
N40W	78NE

Talude nº10.1

Dip	Dip Direction
N30W	73NE
N30W	80NE
N50W	75NE
N5E	88E
N60W	82SW
N45W	74NE
N15W	84E
N85E	68N
N50W	76NE
N40W	70NE
N40W	70NE
N85W	65S
N24W	72NE
N24W	72NE
N24W	72NE
N90W	22N
N90W	22N
N70W	75S
N10E	86W
N10E	86W
N86W	65S
N86W	65S
N86W	65S
N5E	80W
N5E	80W
N30E	64SE
N30E	64SE

Dip	Dip Direction
N60W	64NE
N60W	64NE
N28W	80NE
N80E	85N
N20E	72S
N90W	60N
N90W	60N
N90W	60N
N90W	60N
N90W	60N
N90W	60N
N90W	60N
N30E	75NW
N30E	75NW
N30E	75NW
N85E	80N
N85E	80N
N5W	80E
N8W	86E
N8W	86E
N5E	86E
N5E	86E
N35W	80NE
N90E	76S
N25W	78SW
N30E	64SE
N75W	58N

Dip	Dip Direction
N85E	80N
N70W	85N
N70W	85N
N70W	85N
N5W	82E
N5W	82E
N5W	82E
N5W	82E
N50W	75NE
N50W	65SW
N32W	82NE
N32W	82NE
N32W	82NE
N20E	80E
N20E	80E
N40E	85SE
N40E	85SE
N40E	85SE
N40W	82NE
N10E	86W
N10E	86W
N10E	86W
N5E	70W
N60W	72NE
N30E	64SE
N60E	70NW
N70W	82N

Dip	Dip Direction
N20E	80E
N20E	80E
N20E	80E
N20E	80E
N55W	78SW
N40W	68NE
N40W	68NE
N40W	68NE
N65W	78SW
N65W	78SW
N70W	75S
N30W	72NE
N70W	78N
N60W	80SW
N20W	64E
N30W	66NE
N15E	84N
N50W	75NE
N60W	68NE
N40E	80SE
N40E	80SE
N40E	80SE
N80W	85N
N10W	72E
N30E	65NW
N70W	82N
N70W	82N

Talude nº10.2

Dip	Dip Direction
N10E	62W
N40E	58NW
N70W	74N
N50E	75SE
N75W	65S
N40E	68NW
N50E	75NW
N70W	60S
N20W	75E
N70E	78N

Dip	Dip Direction
N70W	75S
N10W	86E
N30E	85SE
N5E	78E
N5E	78E
N5E	78E
N50E	85NW
N80W	82S
N50E	86SE

Dip	Dip Direction
N40E	60SE
N30E	78SE
N30E	78SE
N30E	78SE
N50W	68SW
N5W	78W
N30E	72NW
N50E	85SE
N10W	70W

Dip	Dip Direction
N60E	80SE
N40E	50SE
N50W	58SW
N40E	70SE
N60E	72SE
N10W	44E
N10E	60W
N60E	80SE
N40E	74SE

Talude nº10.3

Dip	Dip Direction
N70W	60S
N70W	60S
N70W	60S
N0E	75W
N70E	40E
N0E	40E

Dip	Dip Direction
N80W	78S
N5E	50E
N85E	85S
N0E	68E
N50E	75NW
N70W	72S

Dip	Dip Direction
N80W	70S
N15E	70W
N15E	70W
N15E	70W
N60W	82SW

Dip	Dip Direction
N40E	75NW
N40E	75NW
N40E	75NW
N0E	40E
N80W	75S

Talude nº11

Dip	Dip Direction
N5W	72E
N5W	12W
N50W	40SW
N72E	70S
N70E	85S
N70E	85S
N20E	68E
N10W	70E
N50W	78NE

Dip	Dip Direction
N20W	60E
N60E	78SE
N40E	60NW
N30E	65NW
N60E	82SE
N40E	50SE
N20W	70E
N50W	78NE
N75W	35S

Dip	Dip Direction
N20W	70E
N80E	70N
N10W	80E
N85E	82S
N10E	68W
N30W	65NE
N60E	78NW
N25W	48NE
N50E	75SE

Dip	Dip Direction
N78W	48N
N90E	78SE
N5W	65W
N23E	52SE
N60W	58SW
N60E	88SE
N90E	75S
N20W	50W

Talude nº12

Dip	Dip Direction
N30W	62SW
N30W	62SW
N30W	62SW
N30W	62SW
N30W	62SW
N5W	70E
N20W	50W
N30W	80SW
N30W	80SW
N15W	65E
N88E	78S
N85E	68S

Dip	Dip Direction
N55E	42SE
N20W	60W
N80E	45S
N15E	65W
N60W	58SW
N60W	58SW
N60W	58SW
N60W	58SW
N60E	88SE
N60E	88SE
N26W	82SW
N15W	66E

Dip	Dip Direction
N60E	88SE
N30E	50SE
N55E	82SE
N20W	45SW
N70E	65S
N55E	88SE
N55E	88SE
N55E	88SE
N55E	88SE
N70E	80S
N3W	85E
N30W	76NE

Dip	Dip Direction
N70E	80S
N10E	75E
N10E	75E
N10E	75E
N60E	85NW
N60E	85NW
N60E	85NW
N30E	72SE
N55W	72SW
N55W	58SW
N85E	85S

Talude nº13

Dip	Dip Direction
N10E	70E
N40W	75SW
N10E	75E
N65W	82SW
N70E	74S
N10E	65E
N0E	72E
N5E	48W
N45E	50NW
N20W	78W
N10E	82NW
N30E	58NW
N40E	76NW
N60W	83SW
N70W	62S

Dip	Dip Direction
N45E	88SE
N10E	78E
N85E	88S
N50W	42SW
N60E	52SE
N50W	88SW
N65E	80SE
N65E	80SE
N65E	80SE
N65E	80SE
N20E	65E
N5W	80E
N80W	78S
N70W	80S
N70W	80S

Dip	Dip Direction
N20E	65E
N20E	65E
N40E	42NW
N75W	52SW
N75W	52SW
N0E	78W
N40W	78SW
N40E	50NW
N75W	68S
N80W	28S
N5E	80E
N5E	80E
N70W	58S
N40E	80NW
N70W	80S

Dip	Dip Direction
N70E	25N
N70E	25N
N60E	62NW
N60W	70SW
N60W	70SW
N60W	70SW
N60W	70SW
N0E	75E
N70W	38S
N30W	78NW
N5E	48W
N5E	48W
N5E	48W
N70W	80S
N50W	65SW

Talude 14.1

Dip	Dip Direction
N35W	70SW
N35W	70SW
N35W	70SW
N5E	75W
N60E	58SE
N40E	56NW
N40E	55NW
N40E	55NW
N40E	55NW
N40E	55NW
N70E	65S
N65W	86SW
N65W	86SW
N65W	86SW
N35E	65NW
N35E	65NW
N35E	65NW
N35E	65NW
N68W	60S
N68W	60S
N50W	70NE
N10E	62W
N40E	90SE
N50E	90SE
N50E	65NW
N30E	50NW

Dip	Dip Direction
N30W	66NE
N5E	70W
N5E	70W
N50E	38SE
N8W	68W
N70E	76S
N50W	68NE
N20E	64W
N20W	65E
N80E	78S
N70E	82N
N75E	42S
N20E	60W
N20E	60W
N60W	74NE
N20E	63NW
N80W	75S
N80W	75S
N30E	70NW
N30E	60NW
N30E	65NW
N90E	70N
N30E	60NW
N30E	48NW
N30E	48NW

Dip	Dip Direction
N30E	60NW
N30E	60NW
N70W	80S
N70W	70S
N30E	48SE
N40W	72SW
N40W	72SW
N40W	72SW
N30E	64NW
N30E	64NW
N30E	60NW
N30E	60NW
N70W	80S
N70W	70S
N30E	48SE
N40W	72SW
N40W	72SW
N40W	72SW
N30E	64NW
N30E	64NW
N70E	72S
N70E	72S
N70E	72S
N70E	72S
N35E	50NW

Dip	Dip Direction
N40E	68NW
N40E	68NW
N40E	68NW
N40E	68NW
N40E	68NW
N40W	78SW
N40E	78NW
N40W	72NE
N60E	86NW
N50E	85NW
N60E	85NW
N60E	85NW
N35E	68NW
N40E	68NW
N40E	72NW
N30E	74SE
N50E	64SE
N75W	86N
N60E	80NW
N55E	80SE
N65W	80NE
N65W	80NE
N65W	80NE
N70E	82N
N70E	82N

Talude nº14.2

Dip	Dip Direction
N72W	52S
N72W	52S
N72W	52S
N72W	52S
N60E	38NW
N50E	80NW
N50E	80NW

Dip	Dip Direction
N50E	80NW
N65E	80SE
N40E	65NW
N40E	65NW
N40E	65NW
N40E	65NW
N40E	65NW

Dip	Dip Direction
N30W	62SW
N45E	60NW
N10W	85W
N45E	75NW
N40E	65NW
N40E	65NW
N50E	50NW

Dip	Dip Direction
N50E	68NW
N50E	68NW
N50E	68NW
N50E	68NW
N50E	68NW
N70W	72S
N60E	50NW

Talude nº14.2 – Continuação

Dip	Dip Direction
N50E	50NW
N50E	50NW
N50E	50NW

Dip	Dip Direction
N50E	50NW
N70E	54N
N60E	55NW

Dip	Dip Direction
N50E	48NW
N50E	48NW

Dip	Dip Direction
N40W	56SW
N30W	82W

Talude nº14.3

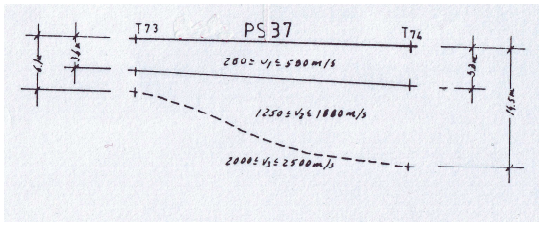
Dip	Dip Direction
N50W	80NE
N50W	80NE
N50E	60NW
N50E	60NW
N50E	60NW
N50E	60NW
N50W	84SW
N20W	53W
N20W	53W
N50E	60NW
N50E	60NW

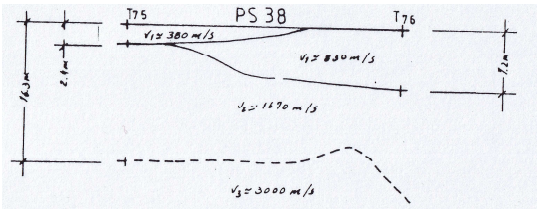
Dip	Dip Direction
N20W	88E
N40E	50NW
N40E	50NW
N40E	50NW
N40E	50NW
N40E	50NW
N15W	80E
N40E	52NW
N40E	52NW
N40E	52NW
N70E	60N

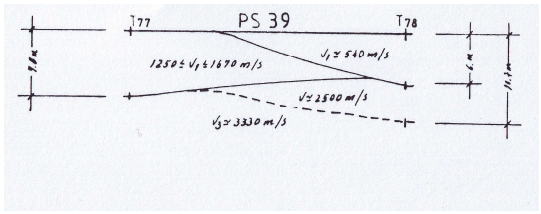
Dip	Dip Direction
N40E	52NW
N80E	73N
N80E	73N
N80E	58S
N80E	58S
N70E	55N
N70E	55N
N70E	55N
N50E	52NW
N50E	52NW
N50E	52NW

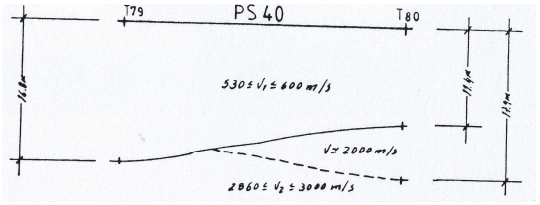
Dip	Dip Direction
N50E	52NW
N75E	75N
N60E	56NW
N60E	56NW
N60E	56NW
N60E	56NW
N30W	70NE
N30W	70NE
N70W	60N
N70E	60N

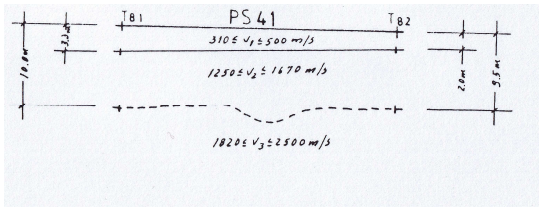
ANEXO A4 – PERFIS SÍSMICOS

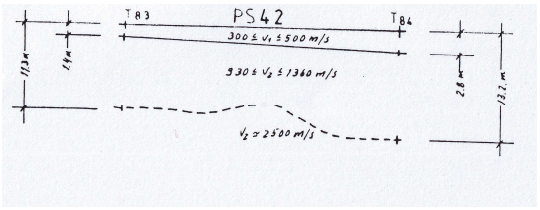

T73
PS 37
T74
280≤ V1 ≤ 580 m/s
1250≤ V2 ≤ 1880 m/s
2000≤ V3 ≤ 2500 m/s

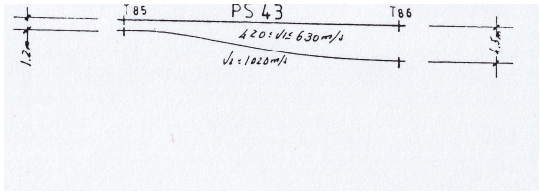

T75
PS 38
T76
V1 ≈ 380 m/s
V1 ≈ 850 m/s
V2 ≈ 1170 m/s
V3 ≈ 3000 m/s

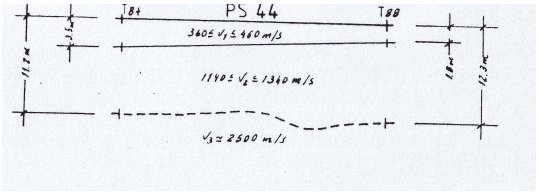

T77
PS 39
T78
1250≤ V1 ≤ 1670 m/s
V1 ≈ 540 m/s
V ≈ 2500 m/s
V3 ≈ 3330 m/s

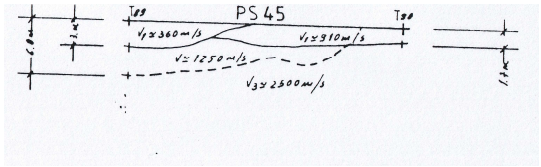

T79
PS 40
T80
530≤ V1 ≤ 600 m/s
V ≈ 2000 m/s
2860≤ V2 ≤ 3000 m/s

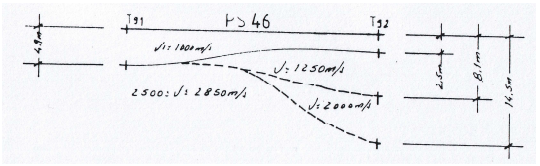

T81
PS 41
T82
310≤ V1 ≤ 500 m/s
1250≤ V2 ≤ 1670 m/s
1820≤ V3 ≤ 2500 m/s

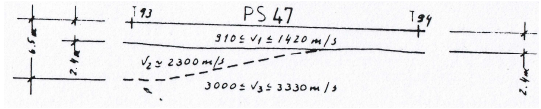

T83
PS 42
T84
300≤ V1 ≤ 500 m/s
930≤ V2 ≤ 1360 m/s
V2 ≈ 2500 m/s

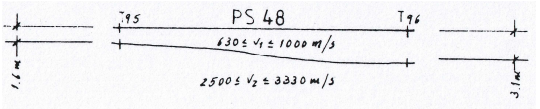

T85
PS 43
T86
420≤ V1 ≤ 630 m/s
V1 ≈ 1020 m/s

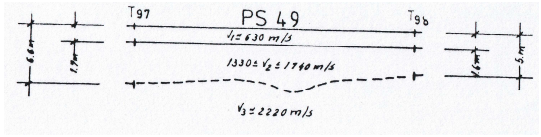

T87
PS 44
T88
360≤ V1 ≤ 460 m/s
1190≤ V2 ≤ 1360 m/s
V3 ≈ 2500 m/s

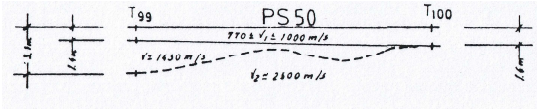

T89
PS 45
T90
V1 ≈ 360 m/s
V1 ≈ 910 m/s
V ≈ 1250 m/s
V3 ≈ 2500 m/s

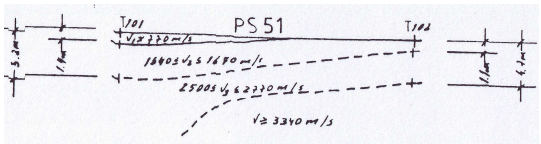

T91
PS 46
T92
V1 ≈ 1100 m/s
V ≈ 1250 m/s
2500≤ V ≤ 2850 m/s
V ≈ 2000 m/s

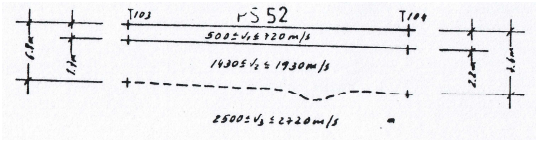

T93
PS 47
T94
310≤ V1 ≤ 1420 m/s
V2 ≈ 2300 m/s
3000≤ V3 ≤ 3330 m/s

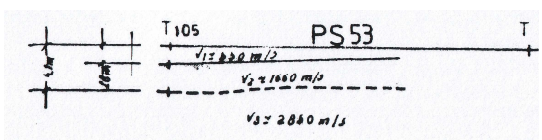

T95
PS 48
T96
630≤ V1 ≤ 1000 m/s
2500≤ V2 ≤ 3330 m/s

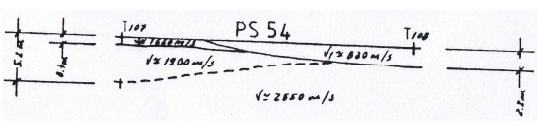

T97
PS 49
T98
V1 ≈ 630 m/s
1330≤ V2 ≤ 1740 m/s
V3 ≈ 2220 m/s

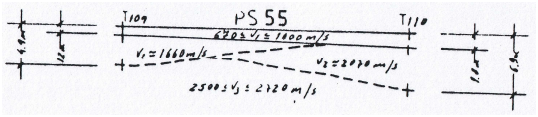

T99
PS 50
T100
770≤ V1 ≤ 1000 m/s
V ≈ 1430 m/s
V2 ≈ 2500 m/s

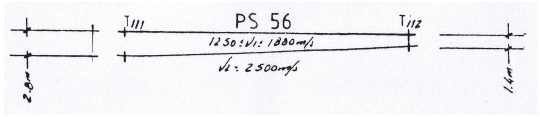

T101
PS 51
T102
V1 ≈ 330 m/s
1840≤ V2 ≤ 1680 m/s
2500≤ V3 ≤ 2330 m/s
V ≈ 3340 m/s

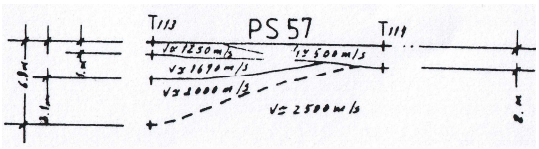

T103
PS 52
T104
500≤ V1 ≤ 720 m/s
1430≤ V2 ≤ 1930 m/s
2500≤ V3 ≤ 2720 m/s

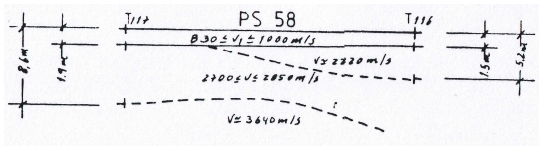

T105
PS 53
T
V1 ≈ 830 m/s
V2 ≈ 1860 m/s
V3 ≈ 2880 m/s

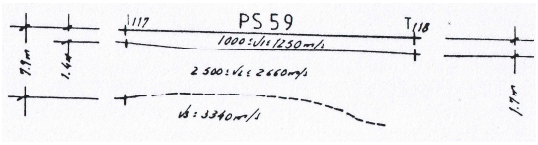

T107
PS 54
T108
V1 ≈ 1900 m/s
V1 ≈ 820 m/s
V ≈ 2550 m/s

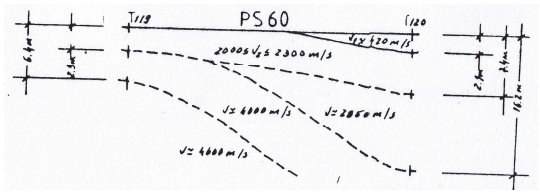

T109
PS 55
T110
620 ≤ V1 ≤ 1800 m/s
V1 = 1660 m/s
V2 = 2070 m/s
2500 ≤ V3 ≤ 2120 m/s

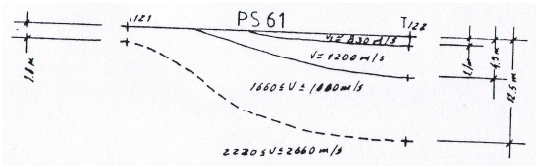

T111
PS 56
T112
1250 ≤ V1 ≤ 1880 m/s
V2 = 2500 m/s

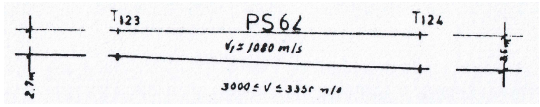

T113
PS 57
T114
1250 m/s
1500 m/s
1670 m/s
4000 m/s
V = 2500 m/s

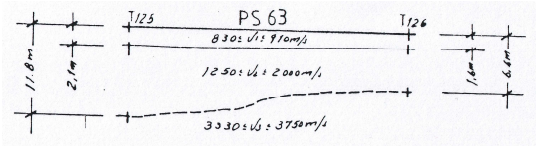

T114
PS 58
T116
830 ≤ V1 ≤ 1000 m/s
V = 2220 m/s
2700 ≤ V3 ≤ 2850 m/s
V = 3640 m/s

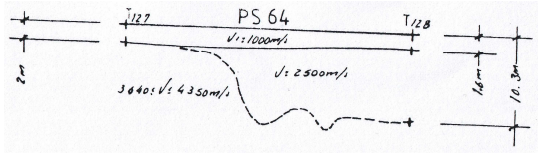

T117
PS 59
T118
1000 ≤ V1 ≤ 1250 m/s
2500 ≤ V2 ≤ 2660 m/s
V3 = 3340 m/s

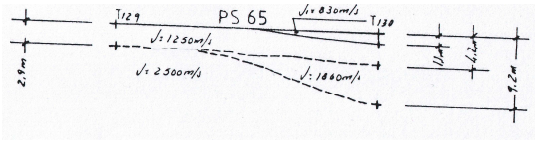

T119
PS 60
T120
V = 420 m/s
2000 ≤ V2 ≤ 2300 m/s
V = 6800 m/s
V = 2850 m/s
V = 4600 m/s

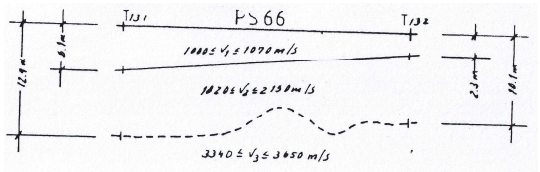

T121
PS 61
T122
V = 830 m/s
V = 1200 m/s
1660 ≤ V ≤ 1880 m/s
2220 ≤ V ≤ 2660 m/s

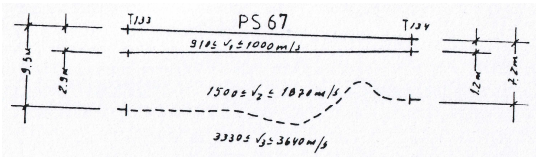

T123
PS 62
T124
V1 = 1080 m/s
3000 ≤ V ≤ 3350 m/s

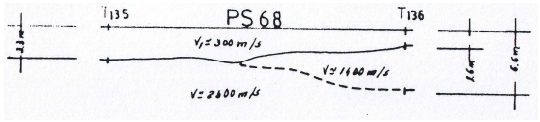

T125
PS 63
T126
830 ≤ V1 ≤ 910 m/s
1250 ≤ V2 ≤ 2000 m/s
3330 ≤ V3 ≤ 3750 m/s

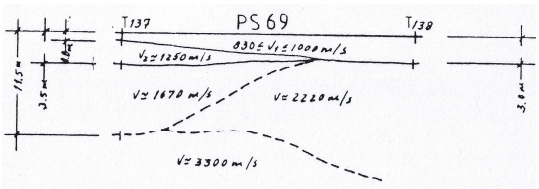

T127
PS 64
T128
V = 1000 m/s
V = 2500 m/s
3640 ≤ V ≤ 4350 m/s

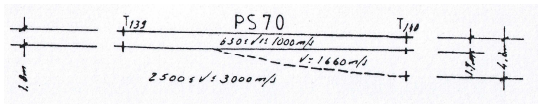

T129
PS 65
T130
V = 830 m/s
V = 1250 m/s
V = 2500 m/s
V = 1860 m/s

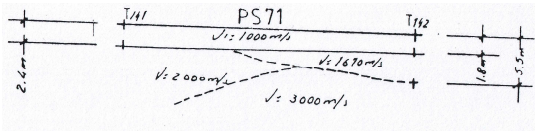

T131
PS 66
T132
1000 ≤ V1 ≤ 1070 m/s
1820 ≤ V2 ≤ 2130 m/s
3340 ≤ V3 ≤ 3650 m/s

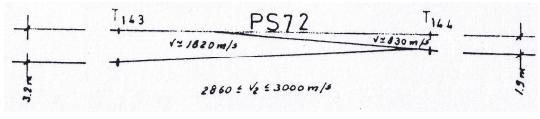

T133
PS 67
T134
918 ≤ V1 ≤ 1000 m/s
1500 ≤ V2 ≤ 1870 m/s
3330 ≤ V3 ≤ 3640 m/s

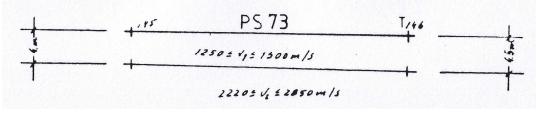

T135
PS 68
T136
V1 = 300 m/s
V = 1480 m/s
V = 2600 m/s

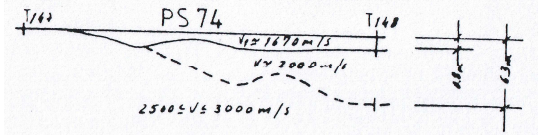

T137
PS 69
T138
830 ≤ V1 ≤ 1000 m/s
V2 = 1250 m/s
V = 1670 m/s
V = 2220 m/s
V = 3300 m/s

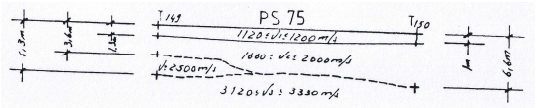

T139
PS 70
T140
830 ≤ V1 ≤ 1000 m/s
V = 1660 m/s
2500 ≤ V ≤ 3000 m/s

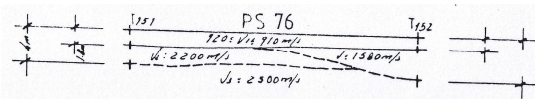

T141
PS 71
T142
V1 = 1000 m/s
V = 1670 m/s
V = 2000 m/s
V = 3000 m/s

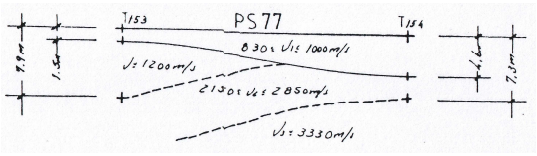

T143
PS 72
T144
V = 1820 m/s
V = 830 m/s
2860 ≤ V2 ≤ 3000 m/s

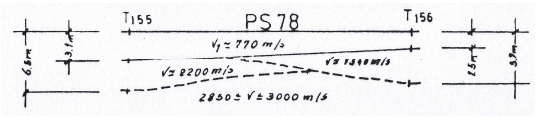

T145
PS 73
T146
1250 ≤ V1 ≤ 1300 m/s
2220 ≤ V1 ≤ 2850 m/s

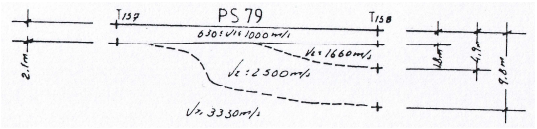

T147
PS 74
T148
V1 = 1670 m/s
V = 3000 m/s
2560 ≤ V ≤ 3000 m/s

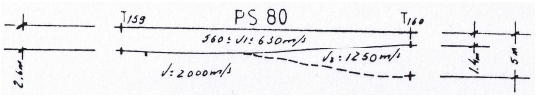

T149
PS 75
T150
1120 ≤ V1 ≤ 1200 m/s
1400 ≤ V2 ≤ 2000 m/s
V3 ≥ 2500 m/s
3120 ≤ V3 ≤ 3330 m/s

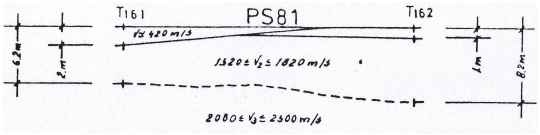

T151
PS 76
T152
720 ≤ V1 ≤ 910 m/s
V2 ≥ 2200 m/s
V2 ≤ 1580 m/s
V3 ≥ 2300 m/s

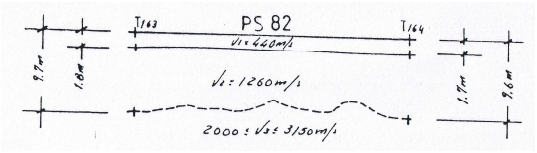

T153
PS 77
T154
830 ≤ V1 ≤ 1000 m/s
V2 ≥ 1200 m/s
2130 ≤ V2 ≤ 2850 m/s
V3 ≥ 3330 m/s

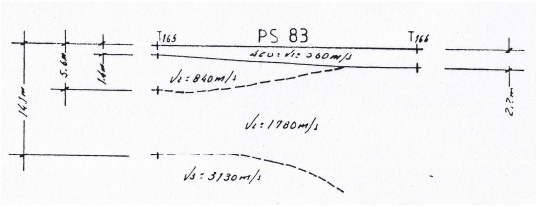

T155
PS 78
T156
V1 ≥ 770 m/s
V2 ≥ 2200 m/s
V2 ≤ 1580 m/s
2850 ≤ V ≤ 3000 m/s


T157
PS 79
T158
830 ≤ V1 ≤ 1000 m/s
V2 ≥ 1660 m/s
V2 ≤ 2500 m/s
V3 ≥ 3330 m/s

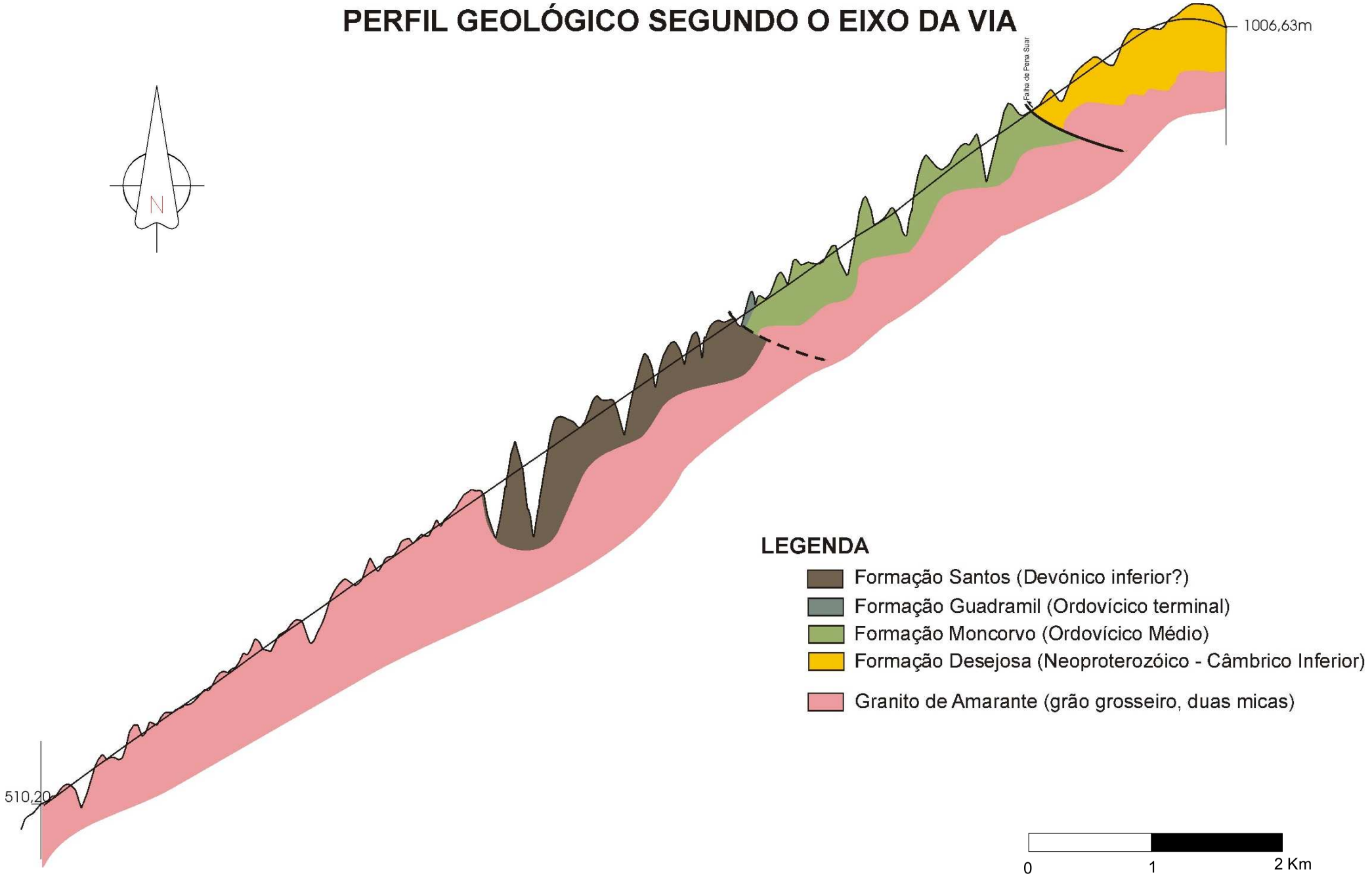

T159
PS 80
T160
360 ≤ V1 ≤ 630 m/s
V2 ≥ 1250 m/s
V2 ≤ 2000 m/s


T161
PS81
T162
V1 ≥ 420 m/s
1320 ≤ V2 ≤ 1820 m/s
2080 ≤ V3 ≤ 2300 m/s

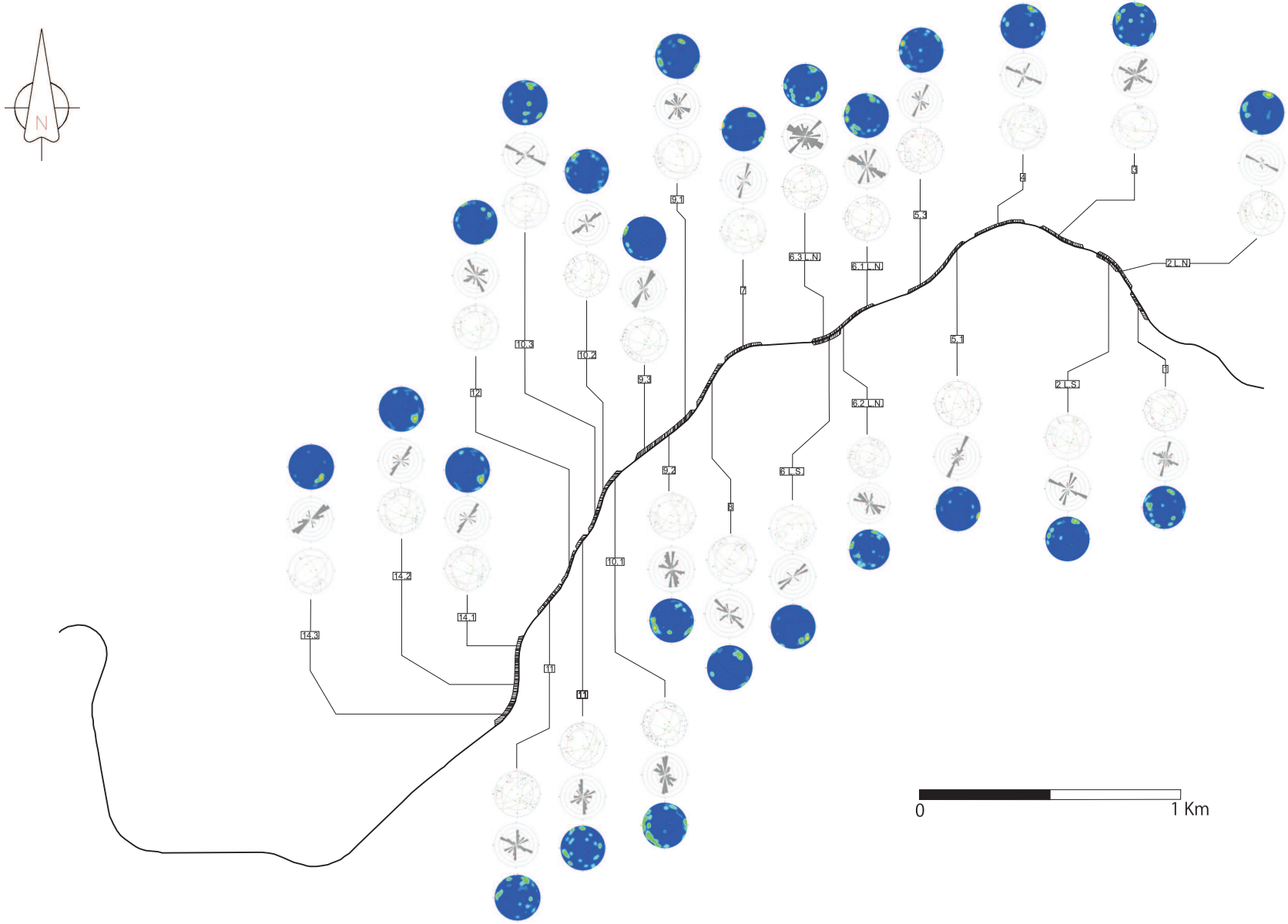

T163
PS 82
T164
V1 ≥ 440 m/s
V2 ≤ 1260 m/s
2000 ≤ V3 ≤ 3130 m/s

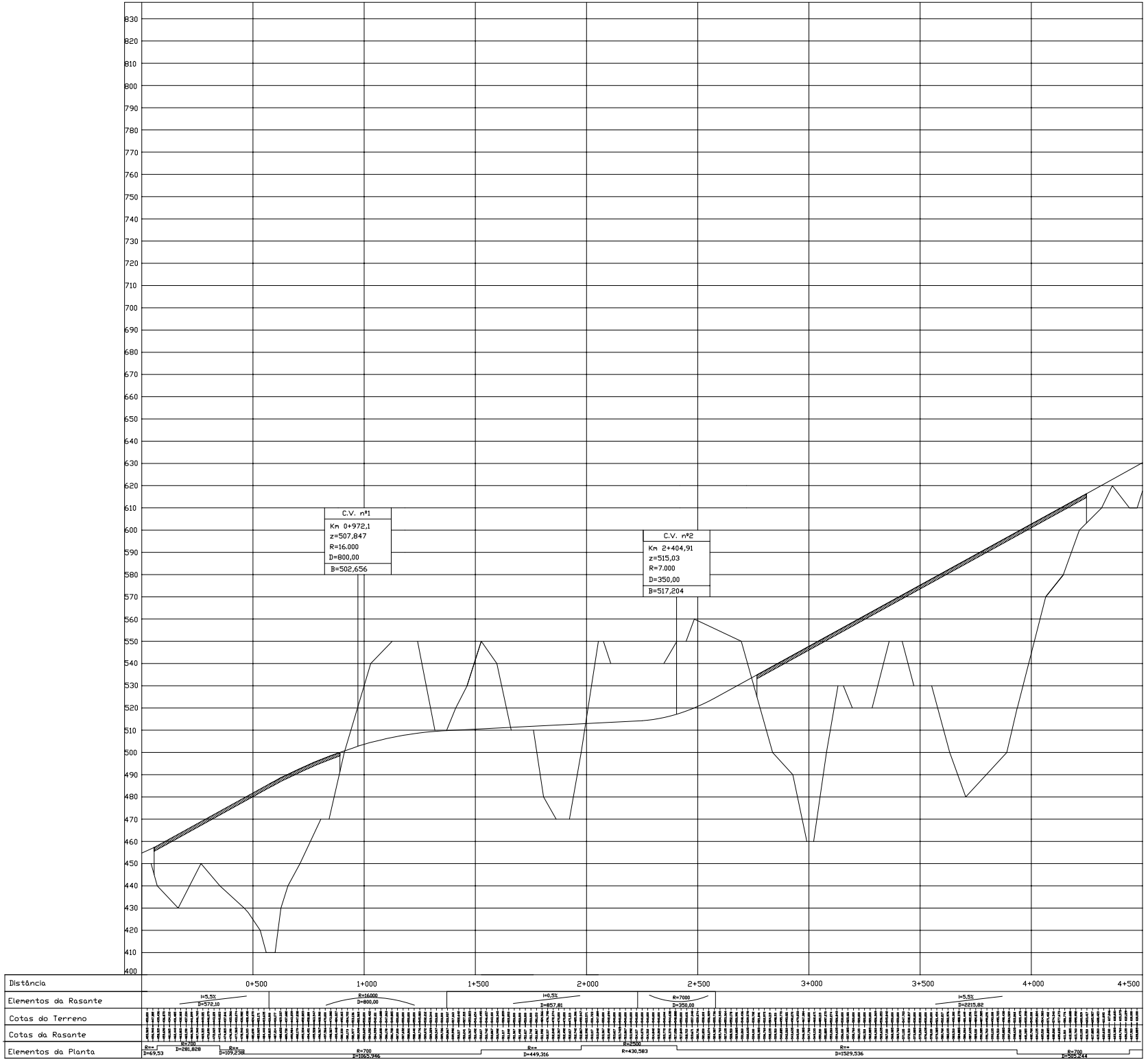

T165
PS 83
T166
420 ≤ V1 ≤ 560 m/s
V2 ≤ 840 m/s
V2 ≥ 1780 m/s
V3 ≥ 3130 m/s

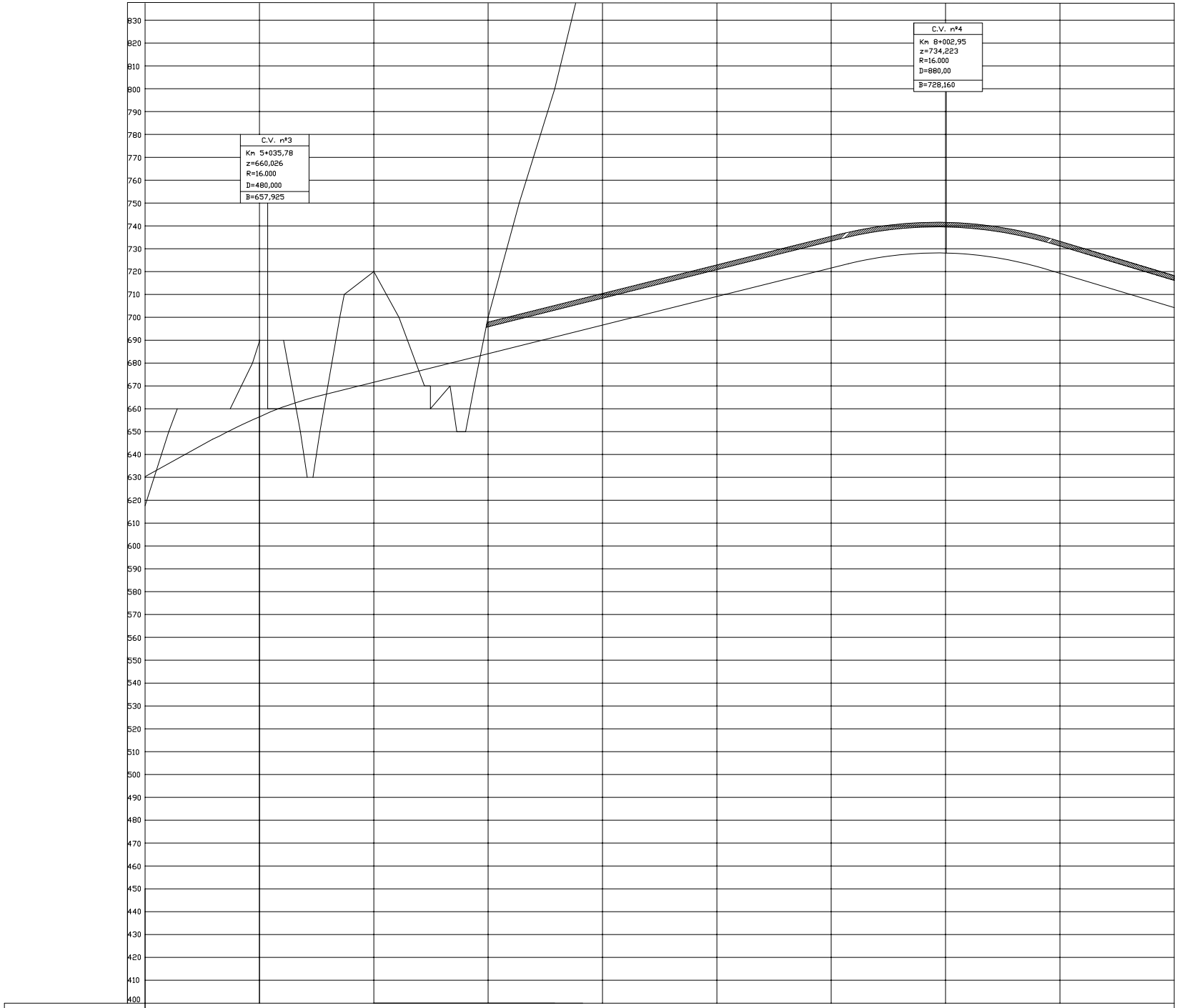
PERFIL GEOLÓGICO SEGUNDO O EIXO DA VIA



Planta do Itinerário Principal Nº4 e respectivos taludes

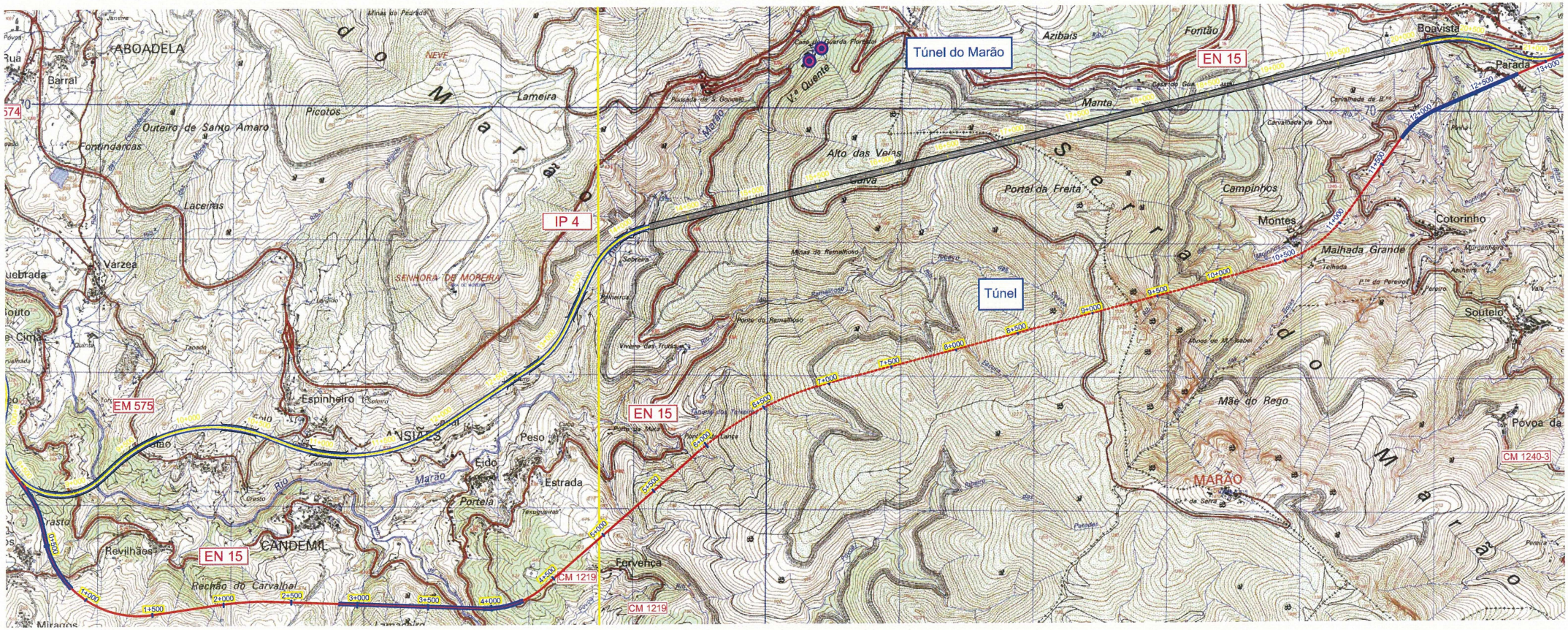



C.V. nº1
Km 0+972,1
z=507,847
R=16.000
D=800,00
B=502,656
C.V. nº2
Km 2+404,91
z=515,03
R=7.000
D=350,00
B=517,204
830
820
810
800
790
780
770
760
750
740
730
720
710
700
690
680
670
660
650
640
630
620
610
600
590
580
570
560
550
540
530
520
510
500
490
480
470
460
450
440
430
420
410
400
0+500
1+000
1+500
2+000
2+500
3+000
3+500
4+000
4+500
Distância
Elementos da Rasante
Cotas do Terreno
Cotas da Rasante
Elementos da Planta
i=5,5%
D=572,10
R=16000
D=800,00
i=0,5%
D=857,85
R=7000
D=350,00
i=5,5%
D=2215,82
R=700
D=69,53
R=700
D=281,828
R=∞
D=109,238
R=700
D=1065,946
R=∞
D=449,316
R=2500
R=430,583
R=∞
D=1529,536
R=700
D=505,244


C.V. nº3
Km 5+035,78
z=660,026
R=16.000
D=480,000
B=657,925
C.V. nº4
Km 8+002,95
z=734,223
R=16.000
D=880,00
B=728,160
830
820
810
800
790
780
770
760
750
740
730
720
710
700
690
680
670
660
650
640
630
620
610
600
590
580
570
560
550
540
530
520
510
500
490
480
470
460
450
440
430
420
410
400
Distância
4+500
5+000
5+500
6+000
6+500
7+000
7+500
8+000
8+500
9+000
Elementos da Rasante
i=3,5%
D=2215,82
R=16000
D=480,00
i=2,5%
D=2287,22
R=16000
D=880,00
Cotas do Terreno
Cotas da Rasante
Elementos da Planta
R=
D=1421,819
R=2400,00
D=1175,07
R=
D=3333,56


C.V. nº5
Km 11+573,77
z=627,116
R=7.000
D=595,00
B=633,420
830
820
810
800
790
780
770
760
750
740
730
720
710
700
690
680
670
660
650
640
630
620
610
600
590
580
570
560
550
540
530
520
510
500
490
480
470
460
450
440
430
420
410
400
9+000
9+500
10+000
10+500
11+000
11+500
12+000
12+500
13+000
Elementos da Rasante
I=3,0%
D=2833,32
R=7.000
D=595,00
I=5,52
D=1148,95
Cotas do Terreno
Cotas da Rasante
Elementos da Planta
R=∞
D=3333,56
R=1000,00
D=781,545
R=∞
D=677,832
R=700,00
D=346,988
R=∞
D=893,017

Uma outra sugestão para o futuro traçado da A4



Esc. Aproximada: 1:25.000