

“Caminho Paralelo ao IC2 entre o km 133+373 e o km 133+895”

Leiria

Estudo Geológico Geotécnico

Refª: IPN/LABGEO/2020/0079-R(1.0)

Realizado por solicitação de:

Aquavia, Lda



Novembro de 2020

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO.....	2
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	3
3.1. GEOMORFOLOGIA	3
3.2. LITOLOGIA E ESTRATIGRAFIA	4
3.3. TECTÓNICA.....	5
3.4. SISMICIDADE.....	6
3.5. HIDROGEOLOGIA	6
4. CLIMATOLOGIA	7
5. PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA.....	7
5.1. INTRODUÇÃO.....	7
5.2. PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA CORRENTE	8
5.3. PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA ESPECIAL.....	11
6. ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....	13
6.1. INTRODUÇÃO.....	13
6.2. CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS	16
6.3. SÍNTESE DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO	17
7. TERRAPLENAGENS.....	19
7.1. INTRODUÇÃO.....	19
7.2. DECAPAGEM	19
7.3. ESCAVAÇÕES.....	20
7.4. ATERROS	22
8. BIBLIOGRAFIA	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1– a) Enquadramento do distrito e concelho de Leiria nível nacional; b) Concelho de Leiria, com destaque para as freguesias de Bidoeira de Cima, Milagres e Colmeias.	2
Figura 2 – Vista área do traçado do "Caminho Paralelo à EN1/IC2" (____). Imagem obtida do Google Earth.	3
Figura 3 – Traçado do Caminho Paralelo à EN1/IC2 (____) sobreposto num extrato da Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000, Folha 23-C Leiria, e respetiva legenda.	4
Figura 4 – Esquema dos arruamentos em análise.....	8
Figura 5 – Equipamento de execução dos trados (Pagani, modelo TG 73 – 200), no local onde foi executado o trado T5.	10
Figura 6 – Execução do trado T7.	10
Figura 7 - Equipamento de execução dos PDSP (penetrómetro Pagani, modelo TG 73–200) durante a execução do PDSP1.	12
Figura 8 - Material resultante do trado T3: areia siltosa, contaminada por terra vegetal.	14
Figura 9 - Material resultante do trado T5: areia siltosa amarela.....	15
Figura 10 - Material resultante do trado T7: Areia siltosa amarela.	15

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da distribuição das litologias ao longo do traçado.	5
Tabela 2 – Estimativa da permeabilidade das litologias mais comuns encontradas ao longo do traçado do Caminho Paralelo à EN1/IC2.	6
Tabela 3 – Trados de prospecção.	11
Tabela 4 – Penetrómetros dinâmicos super pesados (PDSP).....	13
Tabela 5 – Esquema do plano de amostragem.	16
Tabela 6 – Esquema do plano de ensaios realizados.	16
Tabela 7 - Resumo dos resultados dos ensaios de laboratório.	18
Tabela 8 - Estimativa da espessura a decapar.....	20

1. INTRODUÇÃO

O IPN labgeo – Laboratório de Geotecnia do Instituto Pedro Nunes, por solicitação da Aquavia, Lda., procedeu à execução de um estudo geológico e geotécnico no âmbito do projecto rodoviário “Caminho Paralelo ao IC2 entre o Km 133+373 e o Km 133+895”, localizado no concelho de Leiria, que se passa a designar por “Caminho Paralelo à EN1/IC2”.

O presente relatório tem como principal objectivo a análise e definição das características geológicas e geotécnicas com relevo para a execução do projecto, que se desenvolve numa extensão de cerca de 780 m.

Foi realizado o reconhecimento geológico de superfície ao longo do traçado da estrada, com a definição e localização das unidades geológicas. Estes trabalhos de cartografia geológica permitiram obter elementos fundamentais para o projecto, nomeadamente para a elaboração do plano de prospecção geotécnica corrente e especial e para a avaliação das condicionantes geotécnicas da obra.

Posteriormente realizou-se a campanha de trabalhos de prospecção geotécnica e de ensaios de laboratório. A generalidade dos elementos obtidos foi objecto de interpretação conjunta reportando-se os principais resultados no presente documento.

Nas folhas da geologia e geotecnia apresenta-se a cartografia geológica e a localização dos trabalhos de prospecção geotécnica realizados. No perfil longitudinal encontra-se desenhada a interpretação geológica e geotécnica segundo o eixo da via e resumem-se os resultados dos principais trabalhos de prospecção, sendo também referidas as características relevantes para o projecto das zonas de aterro/escavação.

2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

A área em estudo localiza-se na transição entre as freguesias de Bidoeira de Cima, Milagres e Colmeias, concelho de Leiria, distrito de Leiria (Figura 1), mais concretamente na Ponte da Madalena.

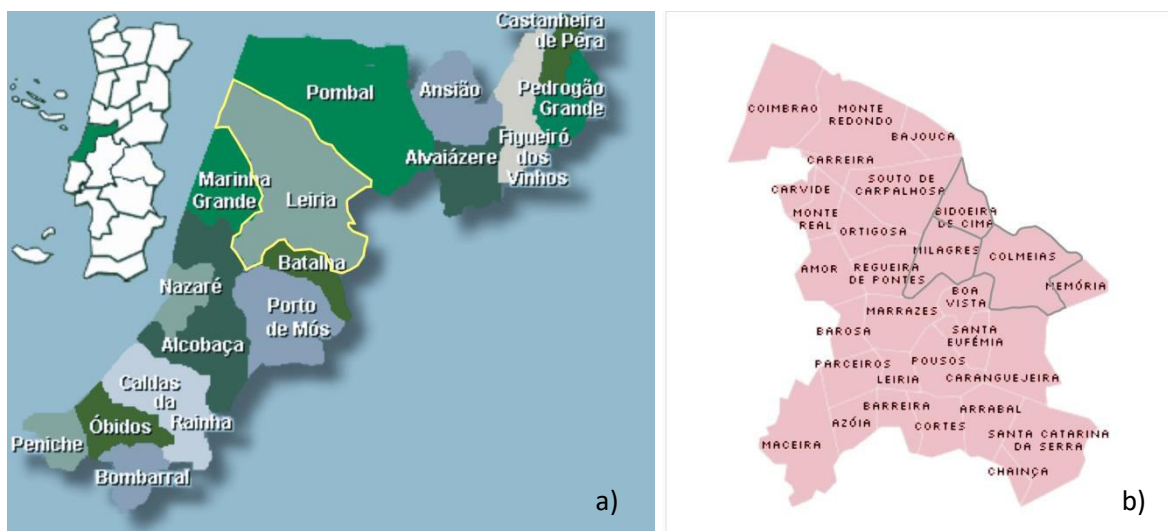


Figura 1– a) Enquadramento do distrito e concelho de Leiria nível nacional; b) Concelho de Leiria, com destaque para as freguesias de Bidoeira de Cima, Milagres e Colmeias.

O estudo geológico-geotécnico que agora se apresenta diz respeito à construção de um caminho paralelo, por forma a melhorar as acessibilidades viárias a partir da EN1/IC2, e consequente beneficiação de um arruamento municipal paralelo, garantindo o adequado acesso às unidades industriais existentes, bem como aos terrenos limítrofes.

A localização do terreno em estudo é apresentada na Figura 2, utilizando uma vista de satélite retirada do Google Earth.



Figura 2 – Vista área do traçado do "Caminho Paralelo à EN1/IC2" (). Imagem obtida do Google Earth.

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

3.1. GEOMORFOLOGIA

Sob o ponto de vista geomorfológico, a área onde se insere o projecto do "Caminho Paralelo à EN1/IC2" é relativamente aplanada, destacando-se o vértice geodésico de Vale de Coelhos, com 184m, a Norte da área em estudo.

A morfologia da zona intersetada pela via de acesso em estudo caracteriza-se por apresentar declives suaves, subindo em direcção à fábrica da Roca Sanitário, S.A., a partir da ponte da Madalena.

3.2. LITOLOGIA E ESTRATIGRAFIA

3.2.1. Enquadramento Geológico

Segundo a Carta Geológica folha 23-C (Leiria), à escala 1:50 000, o traçado insere-se em grande parte na unidade do Cretácico Inferior (C^{1-2}) composta genericamente por um complexo litológico formado por conglomerados, arenitos pouco cimentados e grés e na unidade do Pliocénico composta por areias e argilas com intercalações lignitosas e em aluviões do Quaternário (Figura 3).



Legenda:



-  - Argilas com fósseis vegetais, areias e areias grosseiras com seixos
-  - Conglomerados, arenitos e grés

Figura 3 – Traçado do Caminho Paralelo à EN1/IC2 (—) sobreposto num extrato da Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000, Folha 23-C Leiria, e respetiva legenda.

3.2.2. Unidades Lito-Estratigráficas

Na apresentação dos elementos litológicos e estratigráficos dá-se mais relevo aos aspectos litológicos uma vez que apresentam maior interesse para a execução da obra.

Com base nos elementos disponíveis e nas observações geológicas efectuadas ao longo do traçado do projecto “Caminho Paralelo à EN1/IC2” consideraram-se diversas unidades litológicas, que se agruparam conforme indicado a seguir.

Cretácico Inferior:

- Complexo conglomerático areno-gresoso (C^{1-2}).

Neogénico:

- Pliocénico (P).

Passa-se a descrever as unidades referidas:

- **Pliocénico (P)**: unidade composta por areias e argilas com intercalações lignitosas.

A morfologia da zona interessada pela via de acesso em estudo caracteriza-se por apresentar declives suaves, subindo em direcção à fábrica da Roca Sanitário, S.A., a partir da ponte da Madalena.

- **Complexo conglomerático areno-gresoso (C^{1-2})**: constitui um complexo sedimentar de idade Cretácica, já cartografado e extensamente descrito em Teixeira & Zbyszewski (1968). Na zona em estudo apresenta-se como um complexo essencialmente arenoso, constituído por areia siltosa a argilosa.

3.2.3. Distribuição das Litologias no Traçado

Numa extensão de cerca de 760 m existem materiais do complexo conglomerático areno-gresoso do Cretácico Inferior, distância a partir da qual, e até ao final do traçado (cerca de 20 m), afloram os solos pliocénicos.

Na Tabela 1 apresenta-se um resumo da distribuição das litologias ao longo do traçado.

Tabela 1 - Resumo da distribuição das litologias ao longo do traçado.

Litologias	Estimativa da distância à origem (m)
Complexo conglomerático areno-gresoso (C^{1-2})	0 a 760
Pliocénico (P)	760 a 780

3.3. TECTÓNICA

A área interessada pela obra situa-se na proximidade de uma descontinuidade local de direcção NNE-SSW, que se reflecte na trajectória rectilínea do percurso da ribeira dos Milagres, desde as proximidades de Casal da Quinta e a localidade de Milagres, em direcção a jusante.

3.4. SISMICIDADE

Segundo a carta de isossistas de intensidades máximas históricas e actual, elaborada pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG, 1986), com base na escala de Mercalli modificada, a área em estudo localiza-se na Zona de Intensidade VIII.

Em termos históricos, Teixeira & Zbyszewski (1968) referem que segundo Choffat & Bensaude (1911) o sismo de 1909 terá tido uma intensidade de V nas redondezas da localidade de Milagres e que segundo Pereira de Sousa (1919, 1932) o tremor de terra de 1755 terá atingido a intensidade de VI na localidade de Colmeias a Este de Agudim.

Na quantificação das solicitações sísmicas, recorrendo ao Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP, 1983) verifica-se que a obra se localiza na zona B (a intensidade das zonas sísmicas decresce de A até D).

3.5. HIDROGEOLOGIA

As unidades geológicas onde se insere o traçado do “Caminho Paralelo à EN1/IC2” são compostas por um complexo litológico sedimentar essencialmente formado por aluviões arenosas, areias com granulometrias diversas, conglomerados, arenitos, grés e níveis argilosos. As unidades superficiais cartografadas durante o trabalho de campo são essencialmente areias bem graduadas, areias argilosas com silte e areias siltosas.

Os solos constituídos por areias terão permeabilidade mais elevada, que diminuirá na presença de níveis argilosos (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimativa da permeabilidade das litologias mais comuns encontradas ao longo do traçado do Caminho Paralelo à EN1/IC2.

Designação da litologia	Estimativa da permeabilidade* (m/s)
Areia bem graduada com silte	Entre 10^{-5} e 10^{-3} e 10^{-7} e 10^{-5}
Areia siltosa	Entre 10^{-7} e 10^{-5}
Areia argilosa	Entre 10^{-8} e 10^{-6}

*Look, Burt (2007).

4. CLIMATOLOGIA

O clima da zona em estudo caracteriza-se por Verões (meses de Julho e Agosto) com temperaturas elevadas, na ordem dos 30°C, chegando muito raramente aos 40°C. Os valores médios anuais de horas de insolação são superiores a 50%. O Inverno é pouco rigoroso, chuvoso (registam-se totais mensais na ordem dos 140mm) e com vento, não sendo no entanto raros os dias de sol. As temperaturas médias raramente descem abaixo dos 5°C, sendo a média de 10°C. Os ventos dominantes sopram dos quadrantes Norte e Noroeste.

O clima da região pode classificar-se como temperado marítimo, embora se registem igualmente características mediterrânicas.

5. PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA

5.1. INTRODUÇÃO

Foi executado um plano de prospecção geotécnica corrente e especial, de acordo com o programa de trabalhos estabelecido, de modo a se obterem os elementos adequados ao projecto de execução.

Na Figura 4 apresenta-se o esquema do traçado em análise, ao longo do qual foram distribuídos os trabalhos de prospecção, que foram realizados nos locais assinalados na planta de localização apresentada em anexo.



Figura 4 – Esquema dos arruamentos em análise.

5.2. PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA CORRENTE

Em 2010 foram desenvolvidos estudos nos terrenos agora usados para o projecto actual do “Caminho Paralelo à EN1/IC2”, dado que não houveram alterações relevantes do local, à exceção da remoção da terra vegetal no actual parque de estacionamento que contempla T3 e T4, e as condições do terreno se mantêm esses mesmo ensaios foram utilizados neste estudo geológico-geotécnico.

Com os trabalhos de prospecção corrente, realizados entre 21 e 25 de Junho de 2010, procurou-se esclarecer as condições geológicas e geotécnicas dos solos aflorantes ou a pequena profundidade, em conjunto com o reconhecimento geológico de superfície, e recolher amostras para ensaio.

O programa de prospecção geotécnica corrente constou da execução de 5 trados mecânicos (trados T3 a T7), que foram distribuídos pelas diversas litologias ao longo do traçado, e da recolha de amostras para a realização de ensaios de laboratório.

Encontram-se em anexo os relatórios individuais dos trados realizados, com a descrição dos materiais atravessados e as suas espessuras, e os relatórios de ensaio das amostras recolhidas na prospeção.

A amostragem e o programa de ensaios laboratoriais foram planeados de modo a caracterizar os materiais em função da natureza do terreno, das solicitações que a obra irá impor e das aplicações que poderão ter na obra.

Nos trados consideraram-se três níveis de estudo, tendo em vista a recolha de informação e/ou de amostras para ensaio:

- trado de observação, o, onde apenas é feita a observação e descrição dos solos encontrados, com o registo das suas espessuras e características, e onde não se recolheu amostras para ensaios de laboratório;
- trado de observação e identificação, o+i, onde para além do referido no ponto anterior se recolheram amostras para ensaios laboratoriais de identificação, dos quais se referem a análise granulométrica, os limites de consistência, o ensaio do azul de metileno e o equivalente de areia;
- trado de observação, identificação e caracterização, o+i+c, onde para além do referido no ponto anterior também se recolheram amostras para ensaios laboratoriais de caracterização, como o ensaio Proctor pesado e o ensaio CBR.

Os trados de prospeção foram executados com meios mecânicos da marca Pagani, modelo TG 73-200 (Figura 5 e Figura 6) e atingiram profundidades variáveis entre os 2,0m (no trado T3) e os 4,3m (no trado T7).



Figura 5 – Equipamento de execução dos trados (Pagani, modelo TG 73 – 200), no local onde foi executado o trado T5.



Figura 6 – Execução do trado T7.

Na Tabela 3 apresenta-se a listagem dos trados de prospeção efetuados, com indicação da localização, da profundidade total atingida, da síntese das litologias intersectadas e do tipo de trado de acordo com a recolha de informação e/ou de amostras para ensaio que foi realizada.

Tabela 3 – Trados de prospeção.

Trado	Localização	Profundidade (m)	Litologias	Tipo
T3	A S do ramo 1	2,00	Terra vegetal Areia siltosa	o+i
T4	Entre o ramo 1 e 4 – KM 133+700	3,00	Terra vegetal Areia siltosa	O
T5	A N do ramo 1	2,80	Terra vegetal Areia siltosa	o+i
T6	A NW do ramo 1 – KM 134+000	3,00	Tout-venant Terra vegetal Areia siltosa	O
T7	A NW do ramo 1 – KM134+100	4,30	Terra vegetal Areia siltosa	o+i+c

5.3. PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA ESPECIAL

Em 2010 foram desenvolvidos estudos nos terrenos agora usados para o projecto atual do “Caminho Paralelo à EN1/IC2”, dado que não houveram alterações relevantes do local e as condições do terreno se mantém, esses mesmo ensaios foram utilizados neste estudo geológico-geotécnico.

O programa de prospeção geotécnica especial constou da realização de 2 ensaios de penetração dinâmica super pesada, distribuídos ao longo do traçado do futuro “Caminho Paralelo à EN1/IC2” e para determinar as condições de fundação dos aterros.

Os trabalhos foram realizados entre os dias 21 e 25 de Junho de 2010, nos locais assinalados na planta de localização apresentada em anexo, de acordo com o programa de trabalhos estabelecido.

Os dois ensaios com o Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (PDSP1 a PDSP2) foram executados com o equipamento da marca Pagani, modelo TG 73 – 200, representado na Figura 7.

Na execução e interpretação dos PDSP seguiram-se os procedimentos recomendados na norma EN ISO 22476-2:2005.



Figura 7 - Equipamento de execução dos PDSP (penetrómetro Pagani, modelo TG 73–200) durante a execução do PDSP1.

O ensaio consiste na cravação dinâmica de uma ponteira cónica ligada por varas metálicas, por acção da queda de um peso, com uma massa de 63,5kg, de uma altura normalizada (0,75m). Trata-se de um ensaio em que se contabiliza o número de pancadas necessárias para cravar a ponteira cada 20cm no terreno.

Os gráficos com os resultados apresentam duas curvas:

- a) variação do nº de pancadas por cada 20cm de cravação;
- b) resistência de ponta dinâmica (q_d) calculada de acordo com a fórmula abaixo indicada.

Resistência de ponta dinâmica

$$q_d = (M / (M+M')) * r_d$$

sendo

$r_d = Mgh / Ae$ (resistência de ponta unitária);

M = massa do martelo, em kg;

g = aceleração da gravidade, em m/seg²;

h = altura de queda do martelo, em m;

A = área da base do cone, em m²;

e = penetração média, em m por pancada ($0,2/N_{20}$);

M' = massa total das varas, batente e varas guia, em kg.

A resistência de ponta unitária (r_d) avalia o trabalho efectuado na cravação.

No cálculo da resistência de ponta dinâmica (q_d) ajustam-se os valores de r_d de modo a ter em conta a inércia das varas e do martelo, após o impacto. Com a progressão do ensaio em profundidade aumenta o número de varas e por conseguinte a inércia do sistema de cravação.

A realização dos PDSP permite obter um índice quantitativo da resistência do terreno e avaliar a sua evolução em profundidade.

Na Tabela 4 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos com os ensaios PDSP, encontrando-se em anexo os respetivos relatórios de ensaio.

Tabela 4 – Penetrómetros dinâmicos super pesados (PDSP).

PDSP	Localização	Profundidade máxima (m)	Resistência dinâmica (MPa)		Observações
			Prof. (m)	q_d (MPa)	
PDSP1	Ramo 1 KM 133+373	10,0	0,2 - 3,8 4,0 - 5,0 5,2 - 6,2 6,4 - 8,8 9,2 - 10,0	0,7 - 5,7 2,0 - 6,8 3,1 - 49,6 4,3 - 37,8 15,4 - 22,8	-
PDSP2	A NW do ramo 1	8,0	0,2 - 2,4 2,6 - 4,4 4,6 - 5,4 5,6 - 7,0 7,2 - 8,0	2,5 - 10,0 11,6 - 27,4 12,2 - 30,3 17,1 - 21,2 19,8 - 29,1	-

6. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

6.1. INTRODUÇÃO

Sobre as amostras remexidas, recolhidas nos poços efectuados de acordo com o plano de prospeção corrente, realizou-se um programa de ensaios laboratoriais com vista à caracterização dos solos.

Das três amostras recolhidas, duas foram submetidas a ensaios de identificação e sobre uma foram ainda efetuados ensaios de compactação (Proctor modificado) e determinação do índice de CBR.

Os ensaios de identificação executados foram: análise granulométrica por peneiração húmida (LNEC E 239 – 1970), limites de consistência (NP 143 – 1969) e equivalente de areia (LNEC E 199 – 1967).

Dentro dos ensaios de caracterização realizaram-se o ensaio de compactação Proctor (LNEC E 197 – 1966) e o ensaio de determinação do CBR (LNEC E 198 – 1967).

Todas as amostras foram recolhidas na areia siltosa.

Nas figuras seguintes (Figura 8 a Figura 10) é possível observar os materiais sobre os quais foram realizados os ensaios de laboratório.



Figura 8 - Material resultante do trado T3: areia siltosa, contaminada por terra vegetal.



Figura 9 - Material resultante do trado T5: areia siltosa amarela.



Figura 10 - Material resultante do trado T7: Areia siltosa amarela.

Nas tabelas seguintes, Tabela 5 e Tabela 6, apresentam-se os esquemas do plano de amostragem e dos ensaios realizados.

Tabela 5 – Esquema do plano de amostragem.

Amostra	Recolha		
	Local	Prof. (m)	Data
T3	Trado T3	2,00	21 de junho de 2010
T5	Trado T5	2,80	25 de junho de 2010
T7	Trado T7	4,30	25 de junho de 2010

Tabela 6 – Esquema do plano de ensaios realizados.

Amostra	Análise Granulométrica	Limites de Consistência	Equivalente de Areia	Proctor	CBR
T3	X	X	X		
T5	X	X	X		
T7	X	X	X	X	X

Em anexo são apresentados os relatórios de todos os ensaios efectuados no laboratório.

6.2. CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS

Após os ensaios de laboratório, e com base nos ensaios de identificação, foi efectuada a classificação das amostras utilizando a Classificação para Fins Rodoviários (LNEC E 240-1970), e a Classificação Unificada de Solos (ASTM D 2487-93) que se resume na Tabela 7.

6.2.1. Complexo Conglomerático Areno-Gresoso (C^{1-2})

No complexo conglomerático areno-gresoso (C^{1-2}) foi recolhida a amostra T3.

Segundo a Classificação para Fins Rodoviários T3 foi classificada como A-4 (2).

Pela Classificação Unificada a amostra T3 é uma areia argilosa com silte (SC-SM).

6.2.2. Pliocénico (P)

No Pliocénico (P) foram recolhidas as amostras T5 e T7.

Segundo a Classificação para Fins Rodoviários as amostras T5 e T7 são classificadas como solos A-2-4 (0).

Pela Classificação Unificada a amostra T5 é uma areia argilosa com silte (SC-SM) e a amostra T7 é uma areia siltosa (SM).

6.3. SÍNTESE DOS ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Na Tabela 7 é apresentado o resumo dos ensaios realizados sobre as amostras recolhidas no presente estudo. Resumem-se os valores da granulometria, apresentam-se os resultados dos limites de liquidez e de plasticidade, do equivalente de areia e ainda os resultados dos ensaios de compactação Proctor e de CBR.

Tabela 7 - Resumo dos resultados dos ensaios de laboratório.

Amostra	T3	T5	T7
Localização	A sul do ramo 1	A N do ramo 1	A NW do ramo 1 – KM134+100
Prof. Recolha (m)	0,30 - 2,00	1,00 - 2,80	0,30 - 2,00
Unidade	Complexo Conglomerático Arenó-gresoso	Pliocénico	Pliocénico
Parâmetros Granulométricos (% passados)			
38,10mm	---	---	---
25,40mm	100,00	---	---
19,00mm	98,41	100,00	100,00
9,51mm	96,31	99,48	96,95
4,76mm	94,71	97,98	91,14
2,00mm	90,40	96,05	82,36
0,420mm	70,28	64,33	77,69
0,074mm	44,69	32,03	21,57
Limites de Consistência e Equivalente de Areia			
LL (%)	17	17	N.P.
LP (%)	13	13	N.P.
IP (%)	4	4	N.P.
EA (%)	3	9	5
Compactação			
$\sigma_{s\max}$ (kN/m ³)	---	---	18,85
W_{opt} (%)	---	---	8,2
Exp. (%)	---	---	0,03
CBR (%)	---	---	15
Classificação			
Classif. Fins Rodoviários	A-4 (2)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Classif. Unificada de Solos	SC - SM (areia argilosa com silte)	SC - SM (areia argilosa com silte)	SM (areia siltosa)

7. TERRAPLENAGENS

7.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo vão considerar-se diversos aspectos relacionados com as terraplenagens, nomeadamente a decapagem, as escavações e características dos materiais escavados, os aterros e a sua fundação, e ainda o leito do pavimento. No pente dos desenhos da geologia e geotecnia estão representados os principais aspectos relacionados com as considerações geotécnicas e a interpretação dos resultados dos trabalhos de campo e de laboratório, pelo que na memória descritiva apenas são referidos aspectos genéricos.

A nomenclatura de seguida usada para a descrição dos locais de aterro e escavação é a numeração dada pelos perfis longitudinais e transversais que constam dos desenhos do traçado.

No perfil longitudinal Ramo 1 destaca-se a necessidade de trabalhos de escavação, nomeadamente entre os perfis transversais 0' e 6 e trabalhos de aterro, entre os perfis 6' e 14 ambas as intervenções relevantes são no Ramo 1.

No perfil longitudinal Ramo 2, entre o perfil transversal 0 e 2 é necessária a intervenção para a realização de trabalhos de escavação, no que respeita o Ramo 4 entre o perfil transversal 4' e 6' há necessidade de trabalhos de aterro.

No perfil longitudinal do Ramo 3, destaca-se o que a partir do perfil transversal 0 e até ao 1' haverá necessidade de escavar sensivelmente 0,3 m.

No pente dos desenhos da geologia e geotecnia estão representados os principais aspectos relacionados com as considerações geotécnicas e a interpretação dos resultados dos trabalhos de campo e de laboratório, pelo que na memória descritiva apenas são referidos aspectos genéricos.

7.2. DECAPAGEM

As zonas em que se considera necessário executar a decapagem correspondem às áreas sujeitas a terraplenagens com horizonte de terra vegetal. A espessura a decapar vai depender da espessura do horizonte de terra vegetal e da sua localização em escavação ou em aterro.

Há trechos onde não se prevê efectuar decapagem ao eixo do traçado pois são zonas onde já existe pavimento, o que corresponde a grande parte do traçado, sendo a decapagem apenas feita nas zonas a alargar, ou porque se encontram à superfície materiais de aterro, tal como acontece para o final do traçado.

Na Tabela 8 referem-se as espessuras médias de decapagem e os troços correspondentes, conforme consta no pente do estudo geológico e geotécnico.

Tabela 8 - Estimativa da espessura a decapar.

Perfil e distância parcial (m)	Espessura média (m)
Ramo 1 PK 0+012,5 a PK 0+150	0,15
Ramo 1 PK 0+150 a PK 0+350	0,15

Nas zonas ao longo do traçado onde já existe pavimento terá de se proceder à sua remoção, por vezes acompanhada de sobreescavação do terreno de modo a acomodar a estrutura prevista para o novo pavimento.

7.3. ESCAVAÇÕES

Com base no reconhecimento geológico e geotécnico e na prospecção realizada, considera-se que ao longo de todo o traçado da estrada o desmonte dos terrenos necessários à implantação da rasante seja realizado apenas com recurso a meios mecânicos, uma vez que intersecta em escavação apenas formações de carácter terroso.

Os materiais a escavar têm origem nas unidades litológicas quaternárias e cretáceas descritas anteriormente, sendo maioritariamente de natureza arenosa, cujas características mais importantes se descrevem de seguida.

Complexo conglomerático areno-gresoso (C¹⁻²)

No complexo conglomerático areno-gresoso predominam areias argilosas com silte, do grupo SC-SM segundo a Classificação Unificada de Solos.

Segundo a Classificação para Fins Rodoviários são solos classificados como A-4 (2).

As características geotécnicas dominantes destes materiais variam geralmente entre os seguintes valores:

- % passada no peneiro nº 4 (4,76mm): 94;
- % passada no peneiro nº 10 (2,00mm): 90;
- % passada no peneiro nº 40 (0,420mm): 70;

- % passada no peneiro nº 200 (0,074mm): 45;
- Limite de liquidez (%): 17;
- Limite de plasticidade (%): 13;
- Índice de plasticidade (%): 4;
- Equivalente de areia (%): 3

Como se pode verificar, as diferentes características geotécnicas são um pouco melhores que no caso dos solos aluvionares, resultado de uma maior diversidade de materiais que constituem os depósitos cretáceos.

Segundo o Caderno de Encargos da EP, Estradas de Portugal, S.A., trata-se genericamente de solos das classes S3.

Pliocénico

No complexo conglomerático areno-gresoso predominam as areias siltosas e areias argilosas com silte, dos grupos SC e SC-SM respectivamente, segundo a Classificação Unificada de Solos.

Segundo a Classificação para Fins Rodoviários são solos classificados como A-2 (4).

As características geotécnicas dominantes destes materiais variam geralmente entre os seguintes valores:

As características geotécnicas dominantes destes materiais são:

- % passada no peneiro nº 4 (4,76mm): 91 a 98;
- % passada no peneiro nº 10 (2,00mm): 82 a 96;
- % passada no peneiro nº 40 (0,420mm): 64 a 78;
- % passada no peneiro nº 200 (0,074mm): 22 a 32;
- Limite de liquidez (%): N.P a 17.;
- Limite de plasticidade (%): N.P a 13;
- Índice de plasticidade (%): N.P a 4 ;
- Equivalente de areia (%): 5 a 9;
- Baridade seca máxima (kN/m^3): 18,55;
- Teor em água ótimo (%): 8,2;
- CBR (%): 15;
- Expansibilidade (%): 0,03.

Trata-se portanto de solos arenosos, com percentagem de finos muito baixa, não plásticos e com valores de CBR de 15%, pelo que segundo o Caderno de Encargos da EP, Estradas de Portugal, S.A., são solos da classe S3.

Quanto à geometria a adoptar para os taludes de escavação, à esquerda e à direita da via principal, de modo a proporcionar condições de estabilidade, recomenda-se uma inclinação genérica de 2V/3H. Caso se venha a verificar a existência de terrenos que possam apresentar deficiente estabilidade dos taludes de escavação recomenda-se a reavaliação da inclinação preconizada.

Para além da drenagem interna há que garantir a drenagem superficial (valetas de plataforma) e a estabilização dos taludes de escavação, recorrendo ao revestimento das superfícies escavadas com espécies vegetais adequadas.

7.4. ATERROS

Tendo em conta os materiais a utilizar nos aterros são consideradas inclinações de 2V/3H para todos os aterros projectados para o “Caminho Paralelo à EN1/IC2”.

Os solos resultantes das escavações realizadas ao longo da obra apresentam em geral boas características no que respeita à sua possível utilização nas diferentes zonas constituintes dos aterros.

Tanto os materiais provenientes do complexo conglomerático areno-gresoso como os solos aluvionares poderão ser reutilizados em todas as partes do aterro.

Com base nos trabalhos de prospecção especial realizados (penetrómetros dinâmicos super pesados), conclui-se que a maioria dos aterros será fundada sobre terrenos que apresentam valores de resistência de ponta dinâmica (q_d) variáveis, mas genericamente pode dizer-se que são baixos, da ordem dos 0,7 a 10MPa, nos primeiros metros, crescendo com a profundidade. No entanto, em alguns dos ensaios verifica-se que a resistência de ponta dinâmica tem valores mais elevados à superfície, que decrescem em profundidade, para novamente aumentar até valores elevados (ver ensaios em anexo).

Preconiza-se ainda que se durante a fase de obra ocorrerem fluxos de água ou se for intersectada alguma nascente será necessária a construção de drenos transversais de modo a removerem a água da estrutura da estrada, assegurando maior estabilidade.

8. BIBLIOGRAFIA

Butcher, A.P.; McElmeel, K.; Powell, J.J.M. "Dynamic Probing and It's Use in Clay Soils" in "Advances in Site Investigation Practice", Thomas Telford, 1996.

EP, Estradas de Portugal. "Caderno de Encargos Tipo".

Geotechnical Engineering – Field Testing. Part 2: "Dynamic Probing" (EN ISO 22476-2), 2005.

Google Earth, 2020 Tele Atlas.

<http://www.districtosdeportugal.com/leiria/map/leiria2.gif>, em 31 de maio de 2010.

<http://ww2.leiriaregiaodigital.pt/Site/FrontOffice/default.aspx?module=mapadetalhe/concelhos&CODConcelho=Leiria>, em 31 de maio de 2010.

Look, B. (2007) - "Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables".

Norma ASTM D 2487: 1993 – "Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)".

Norma LNEC E 197: 1966 – "Ensaio de Compactação".

Norma LNEC E 198: 1967 – "Determinação do CBR".

Norma LNEC E 199: 1967 – "Ensaio de Equivalente de Areia".

Norma LNEC E 239: 1970 – "Análise Granulométrica por Peneiração Húmida".

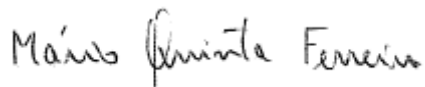
Norma LNEC E 240: 1970 – "Classificação para Fins Rodoviários".

Norma NP 143: 1969 – "Determinação dos Limites de Consistência".

Teixeira, C.; Zbyszewski, G.; Torre de Assunção, C. & Manuppella, G. (1968) – "Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50 000". Notícia explicativa da folha 23-C (Leiria). Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal, 1968.

Coimbra, novembro de 2020

Realizado por:



Mário Quinta Ferreira
(Geólogo de Engenharia)
Prof. Associado da FCTUC
Diretor do IPN labgeo



Maria Alexandre Oliveira
(Engenharia Geológica)



João Pedro Henriques
(Eng. Geólogo)



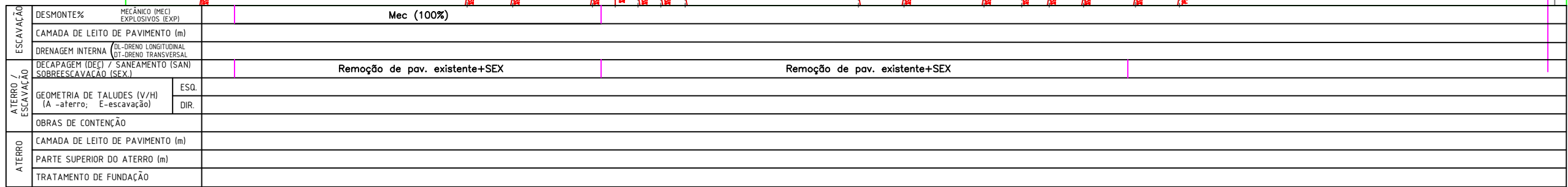
Mónica Silva
(Eng. Geóloga e de Minas)


ANEXOS

Planta



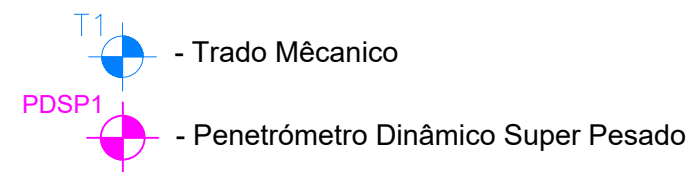
Perfis



Perfil Ramo 1	Data: novembro de 2020	
Cliente: Aquavia,Lda		
Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2		



Legenda:



 - Tout-Venant

 - Areia siltosa

Cotas (m)

130
129
128
127
126
125
124
123
122
121
120

5'

N1/IC2

Perfil transversal 5'

Vedação Existente

Cotas (m)

130
129
128
127
126
125
124
123
122
121
120

Perfil transversal 5'


Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2


Local: Ponte da Madalena

Data:
novembro de 2020

1m
1m

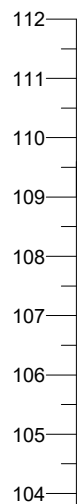
LEGENDA:

 - Camada de desgaste

 - Tout - Venant

 - Areia siltosa

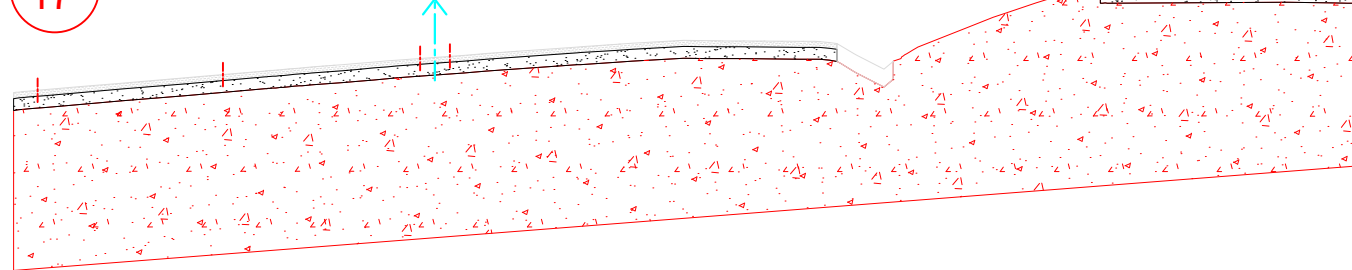
Cotas (m)



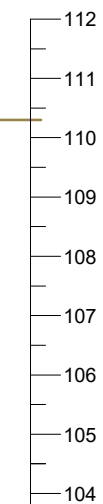
Perfil transversal 17'

17'

N1/IC2



Cotas (m)



Perfil transversal 17'

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local: Ponte da Madalena

Data:

novembro de 2020

1m

1m

LEGENDA:



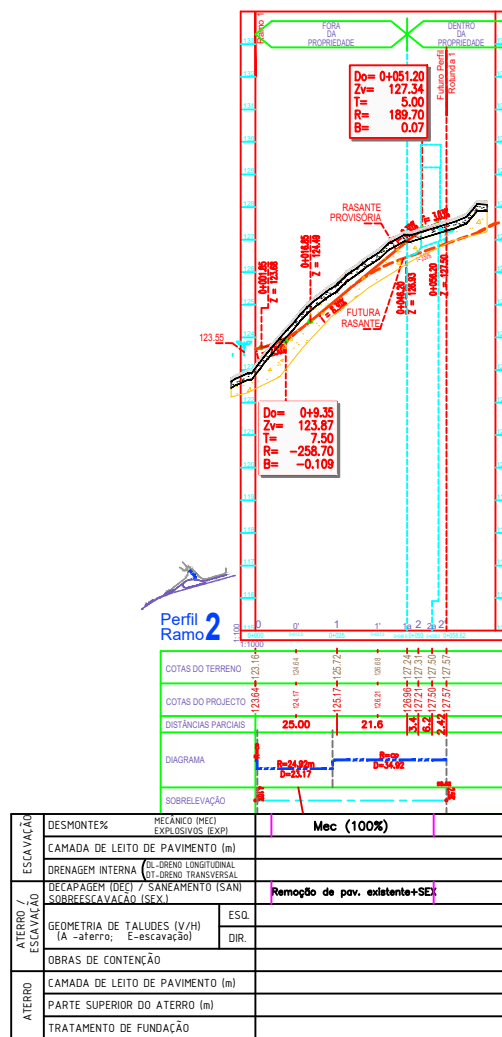
- Camada de desgaste

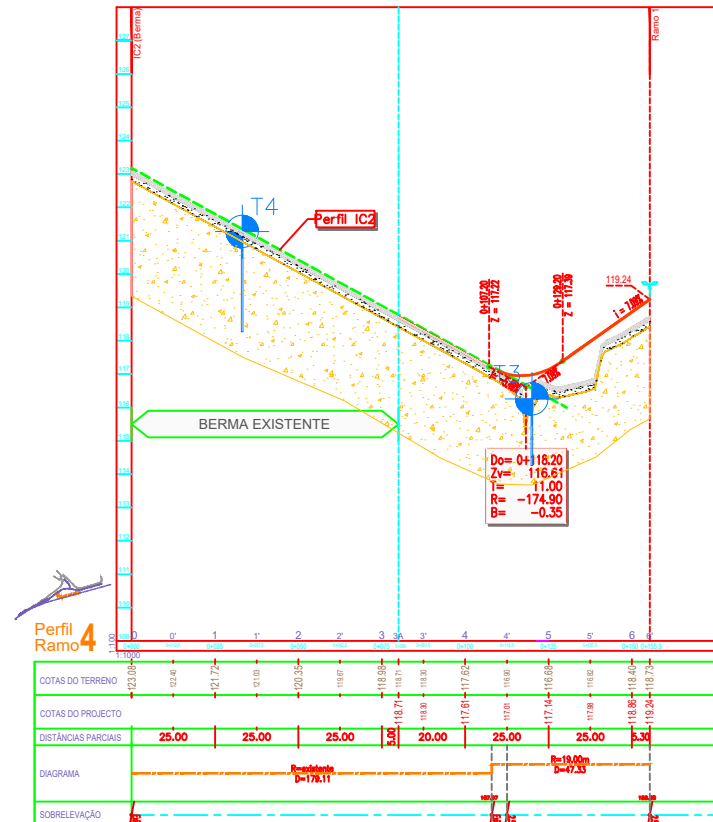


-Tout - Venant



- Aterro











ESCAVAÇÃO	DESMONTE%	MECÂNICO (MEC) EXPLOSIVOS (EXP)	
	CAMADA DE LEITO DE PAVIMENTO (m)		
ATERRO / ESCAVAÇÃO	DRENAGEM INTERNA	OL-DRENO LONGITUDINAL OT-DRENO TRANSVERSAL	
	DECAPAGEM (DEC) / SANEAMENTO (SAN) SOBREESCAVAÇÃO (SEX)		Remoção de pav. existente+SEX
	GEOMETRIA DE TALUDES (V/H) (A -aterro; E-escavação)	ESQ.	
		DIR.	
	OBRAS DE CONTENÇÃO		
ATERRO	CAMADA DE LEITO DE PAVIMENTO (m)		
	PARTE SUPERIOR DO ATERRO (m)		
	TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO		

Perfil Ramo 4	Data: novembro de 2020	1m 10m
Cliente: Aquavia,Lda		
Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2		



Legenda:

-  - Trado Mécânico
-  - Penetrómetro Dinâmico Super Pesado
-  - Camada de desgaste
-  - Aterro
-  - Tout-Venant
-  - Areia siltosa

Poços de prospeção



IPN labgeo

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Rua Pedro Nunes 3030-199 Coimbra

Tel: 239700939 Email: labgeo@ipn.pt

POÇO DE PROSPECÇÃO

Cliente: Aquavia, Lda

Nº: T3

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Refª: 10/61-R

Local: A S do ramo 1

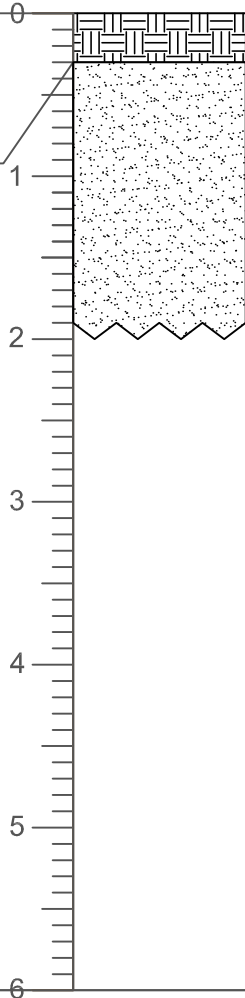
Profundidade do poço (m): 2,0

Descrição

(m)

Terra vegetal arenosa, de cor castanha clara, com granulometria fina a média.

Areia siltosa, de cor amarela alaranjada, com granulometria fina a média.



Observações:

Executou:

Verificou:

Data: 23 de junho de 2010



IPN labgeo

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Rua Pedro Nunes 3030-199 Coimbra

Tel: 239700939 Email: labgeo@ipn.pt

POÇO DE PROSPEÇÃO

Cliente: Aquavia, Lda

Nº: T4

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Refª: 10/61-R

Local: Entre o ramo 1 e 4 - KM 133+700

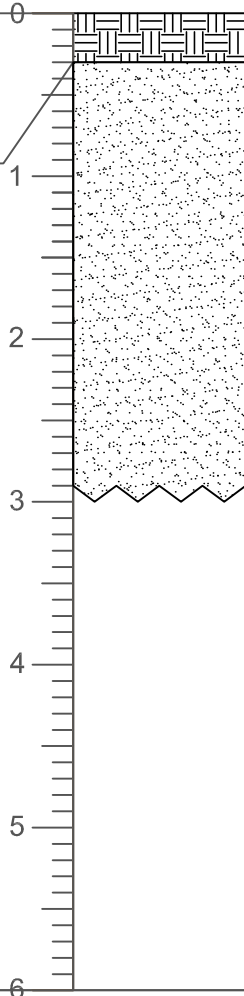
Profundidade do poço (m): 3,0

Descrição

(m)

Terra vegetal arenosa, de cor castanha escura, com granulometria fina a média.

Areia siltosa, de cor variável desde amarelada esbranquiçada a acastanhada, com granulometria fina a média.



Observações:

Executou:

Verificou:

Data: 28 de junho de 2010



IPN labgeo

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Rua Pedro Nunes 3030-199 Coimbra

Tel: 239700939 Email: labgeo@ipn.pt

POÇO DE PROSPECÇÃO

Cliente: Aquavia, Lda

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local: A N do ramo 1

Profundidade do poço (m): 2,8

Nº: T5

Refª: 10/61-R

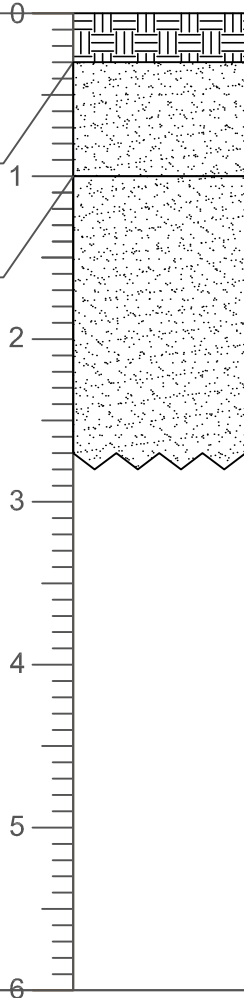
Descrição

(m)

Terra vegetal arenosa, de cor castanha escura, com granulometria fina a média.

Areia siltosa, de cor amarela acastanhada, com granulometria fina a média.

Areia siltosa, de cor cinzenta clara, com granulometria fina a média.



Observações:

Executou:

Verificou:

Data: 28 de junho de 2010



IPN labgeo

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Rua Pedro Nunes 3030-199 Coimbra

Tel: 239700939 Email: labgeo@ipn.pt

POÇO DE PROSPECÇÃO

Cliente: Aquavia, Lda

Nº: T6

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Refª: 10/61-R

Local: A NW do ramo 1 - KM 134+000

Profundidade do poço (m): 3,0

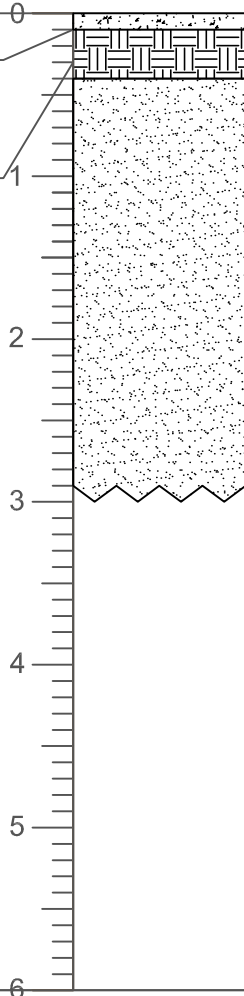
Descrição

(m)

Tout - venant.

Terra vegetal arenosa, de cor castanha clara, com granulometria fina a média.

Areia siltosa, de cor castanha amarelada, com granulometria fina a média, com alguns seixos de quartzo leitoso.



Observações:

Executou:

Verificou:

Data: 28 de junho de 2010



IPN labgeo

LABORATÓRIO DE GEOTECNIA

Rua Pedro Nunes 3030-199 Coimbra

Tel: 239700939 Email: labgeo@ipn.pt

POÇO DE PROSPECÇÃO

Cliente: Aquavia, Lda

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local: A NW do ramo 1 - KM134+100

Profundidade do poço (m): 4,3

Nº: T7

Refª: 10/61-R

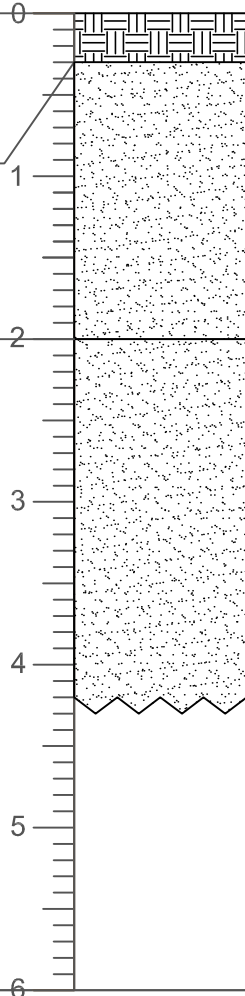
Descrição

(m)

Terra vegetal arenosa, de cor castanha escura, com granulometria fina a média.

Areia siltosa, de cor cinzenta clara, com granulometria fina a média.

Areia siltosa, de cor amarela acastanhada, com granulometria fina a média, com alguns seixos de quartzito.



Observações:

Executou:

Verificou:

Data: 28 de junho de 2010

Penetrómetros Dinâmicos Super Pesados (PDSP)

**IPN**INSTITUTO PEDRO NUNES
ASSOCIAÇÃO PARA A INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**LABGEO - Laboratório de Geotecnia**

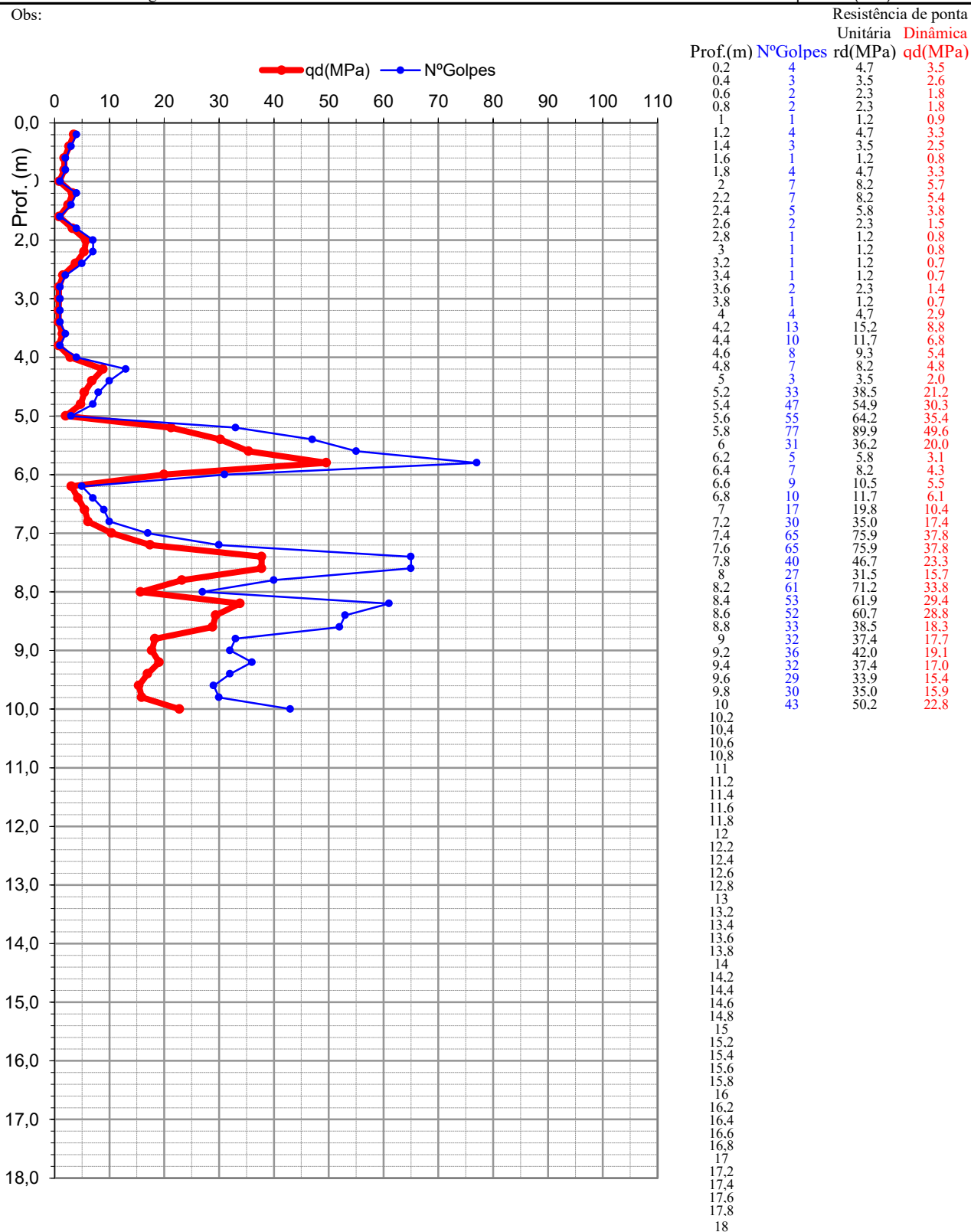
R. Pedro Nunes, 3030-199 Coimbra Tel: 239700939 labgeo@ipn.pt www.ipn.pt

PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)

EN ISO 22476-2:2005

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2	Nº: 1
Local: Ramo 1 KM 133+373	Refº: 10/61-R
Cota:	Data: 21 de Junho de 2010
	Comprimento do ensaio (m): 10,0
Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,70	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante/Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm²): 20

Obs:



Executou:

Verificou:

**IPN**INSTITUTO PEDRO NUNES
ASSOCIAÇÃO PARA A INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**LABGEO - Laboratório de Geotecnia**

R. Pedro Nunes, 3030-199 Coimbra Tel: 239700939 labgeo@ipn.pt www.ipn.pt

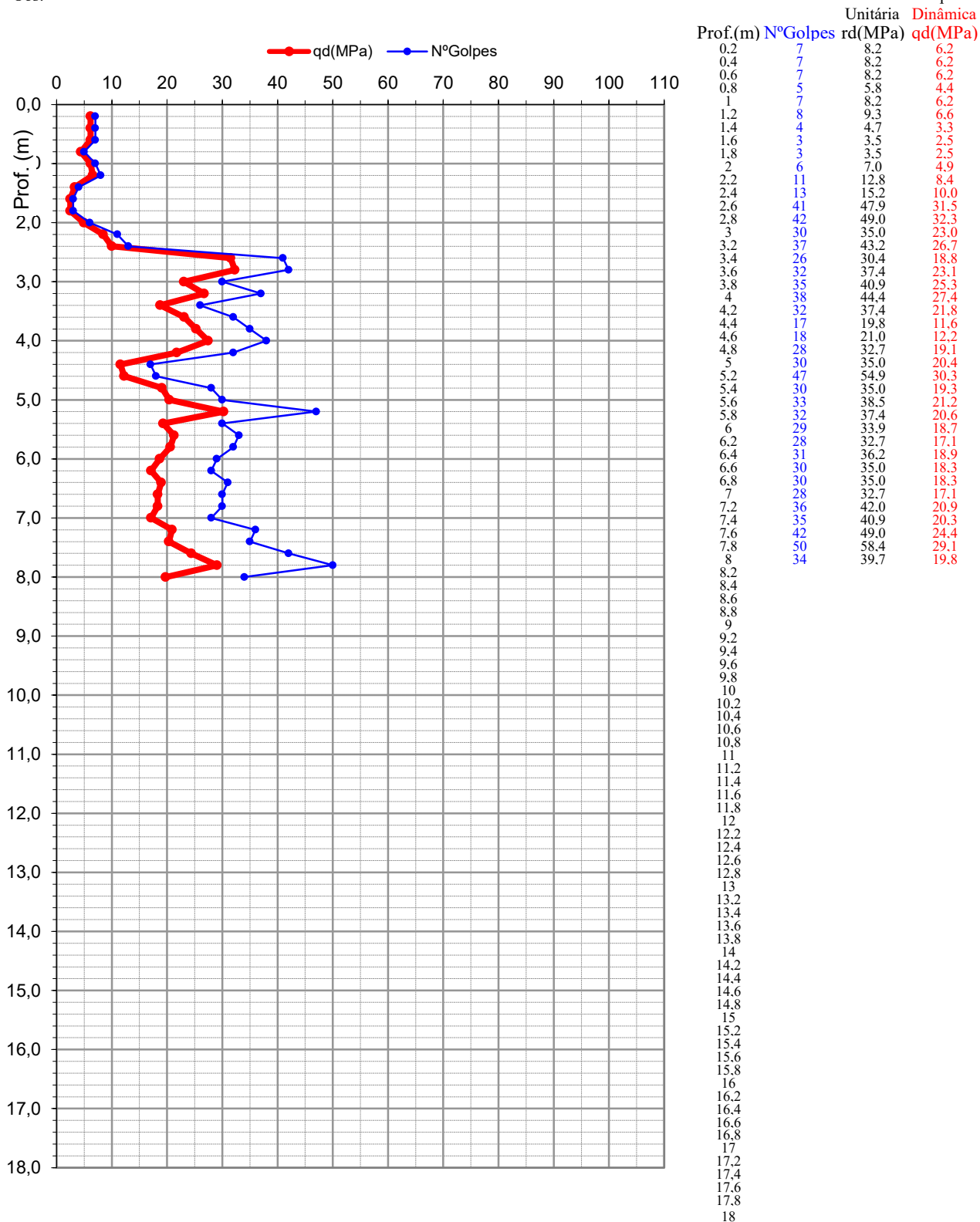
PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER PESADO (PDSP)

EN ISO 22476-2:2005

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2	Nº: 2
Local: A NW do ramo 1	Refº: 10/61-R
Cota:	Data: 25 de Junho de 2010
Comprimento do ensaio (m): 8,0	
Massa do martelo (kg): 63,5	Avanço unitário (m): 0,2
Massa do batente+vara guia (kg): 6,70	Altura de queda do martelo (m): 0,75
Massa da vara (kg): 6,2	Massa da ponteira (kg): 1,56
Fabricante/Modelo: Pagani / TG 73-200	Área na base da ponteira (cm²): 20

Obs:

Resistência de ponta



Executou:

Verificou:

Ensaaios Laboratoriais



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA LNEC E 239 - 1970

Cliente: **Aquavia Lda.**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local de recolha: A S do ramo 1

Amostra: **T3**

Data de recolha: 21 de Junho de 2010

Ref: 10/63-R

Massa Total

mt (g) = 1079,13

Massa retida # 2,00mm (n.º 10)

m₁₀(g) = 103,62

Massa passada # 2,00mm (n.º 10)

m'₁₀(g) = 975,51

Fracção retida # 2,00 mm (n.º10)

Dimensão das aberturas do peneiro Polog. (mm)		Massa do material retido (g) mx	% Retida $N_x = (mx/mt)100$	% Acumulada retida N'_x	% Acumulada passada $N''_x = 100 - N'_x$
3"	76,10				
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				100,00
3/4"	19,00	17,19	1,59	1,59	98,41
3/8"	9,51	22,65	2,10	3,69	96,31
nº4	4,76	17,24	1,60	5,29	94,71
nº10	2,00	46,54	4,31	9,60	90,40
< nº10	< 2,00	975,51	90,40		
Total		1079,13			

Fracção passada # 2,0 mm (n.º10)

Massa ensaiada

ma (g) = 975,51**Nº10 = (m'10/mt)100 = 90,40**

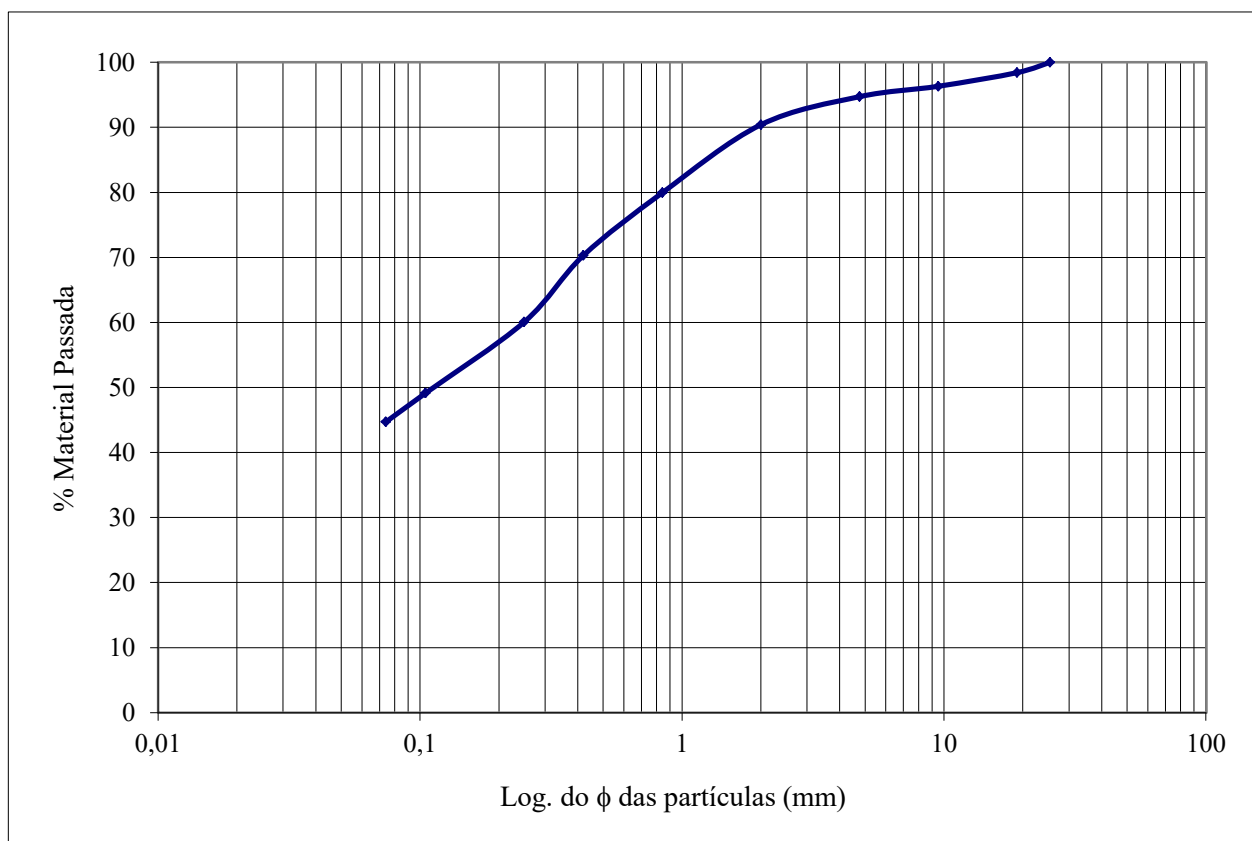
Dimensão das aberturas do peneiro (mm)		Massa do material retido (g)	% Material retido $N_x = (mx/ma)N''10$	% Acumulada retida (total) N'_x	% Acumulada passada (total) $[N''_x = 100 - N'_x]$
20	0,841	112,91	10,46	20,07	79,93
40	0,420	104,14	9,65	29,72	70,28
60	0,250	110,19	10,21	39,93	60,07
140	0,105	118,02	10,94	50,86	49,14
200	0,074	47,99	4,45	55,31	44,69
< 200	< 0,074	482,26	44,69	100,00	
Total		975,51			



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA LNEC E 239 - 1970

Amostra: **T3**

Refª: 10/63-R



Observações:

A amostra foi lavada na totalidade.

Data: 25 de Junho de 2010
Ensaiou:

Verificou:

**LIMITES DE CONSISTÊNCIA
NP - 143 (1969)**Cliente: **Aquavia Lda.**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

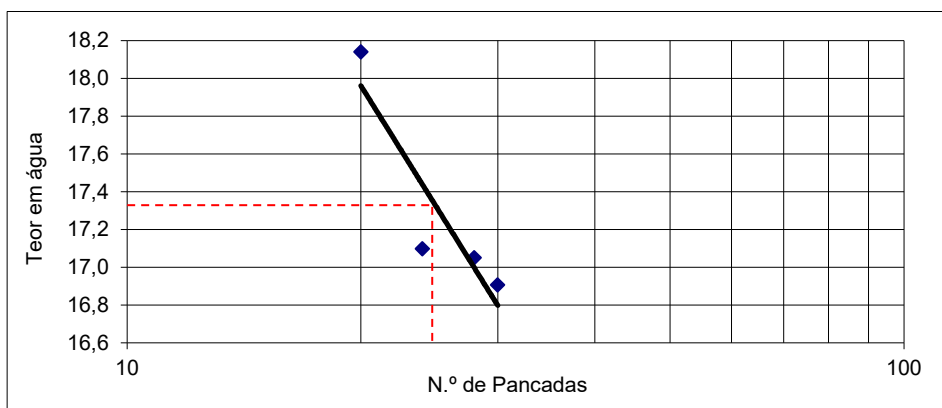
Local de recolha: A S do ramo 1

Amostra: **T3**

Data de recolha: 21 de Junho de 2010

Ref.^a: 10/63-R

LIMITE DE LIQUIDEZ				
Número da cápsula	8	10	11	12
Peso da cápsula (g)	22,09	21,99	21,93	21,97
Peso do solo húmido + cápsula (g)	40,00	30,64	36,45	29,46
Peso do solo seco + cápsula (g)	37,41	29,38	34,33	28,31
Peso da água (g)	2,59	1,26	2,12	1,15
Peso do solo seco (g)	15,32	7,39	12,40	6,34
Teor em água (%)	16,91	17,05	17,10	18,14
Número de golpes	30	28	24	20



LIMITE DE PLASTICIDADE				
Número da cápsula	1	3	4	6
Peso da cápsula (g)	13,92	13,47	13,75	13,76
Peso do solo húmido + cápsula (g)	19,15	18,36	18,86	20,22
Peso do solo seco + cápsula (g)	18,53	17,85	18,23	19,44
Peso da água (g)	0,62	0,51	0,63	0,78
Peso do solo seco (g)	4,61	4,38	4,48	5,68
Teor em água (%)	13,45	11,64	14,06	13,73
Média dos teores em água (%)	13,22			

Limite de Liquidez (%) = 17**Limite de Plasticidade (%) = 13****Índice de Plasticidade (%) = 4**

Observações:

Data: 25 de Junho de 2010
Ensaiou:

Verificou:

**ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA
LNEC E 199 - 1967**Cliente: **Aquavia Lda.**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local de recolha: A S do ramo 1

Data de recolha: 21 de Junho de 2010

Amostra: **T3**Ref.^a: 10/63-R

Proveta	1	2
k= Constante do aparelho (mm)	0	0
h ₁ = Altura do nível superior do floculado em relação ao fundo da proveta (mm)	172	221
h' ₂ = Altura do sedimento lida directamente (mm)	---	---
h ₃ = Altura entre a face superior da peça guia e a face inferior do peso do pistão (mm)	5	8
h ₂ = h ₃ -k= Altura do sedimento determinada com o auxílio do pistão (mm)	5	8

$$\text{Equivalente de Areia (E.A.)} = (h_2/h_1) \cdot 100$$

2,9

3,6

Média (%)**3**

$$\text{Equivalente de Areia Visual (E.A.V.)} = (h'_2/h_1) \cdot 100$$

Média (%)

Observações:

Devido à natureza do material ensaiado não foi possível determinar a altura h'₂.Data: 13 de Julho de 2010
Ensaiou:

Verificou:



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA LNEC E 239 - 1970

Cliente: **Aquavia Lda.**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local de recolha: A N do ramo 1

Amostra: **T5**

Data de recolha: 25 de Junho de 2010

Refª: 10/68-R

Massa Total

mt (g) = 1898,02

Massa retida # 2,00mm (n.º 10)

m₁₀(g) = 74,92

Massa passada # 2,00mm (n.º 10)

m'₁₀(g) = 1823,10

Fracção retida # 2,00 mm (n.º10)

Dimensão das aberturas do peneiro Polog. (mm)		Massa do material retido (g) mx	% Retida $N_x = (mx/mt)100$	% Acumulada retida N'_x	% Acumulada passada $N''_x = 100 - N'_x$
3"	76,10				
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				
3/4"	19,00				100,00
3/8"	9,51	9,94	0,52	0,52	99,48
nº4	4,76	28,40	1,50	2,02	97,98
nº10	2,00	36,58	1,93	3,95	96,05
< nº10	< 2,00	1823,10	96,05		
Total		1898,02			

Fracção passada # 2,0 mm (n.º10)

Massa ensaiada

ma (g) = 102,55**Nº10 = (m'10/mt)100 = 96,05**

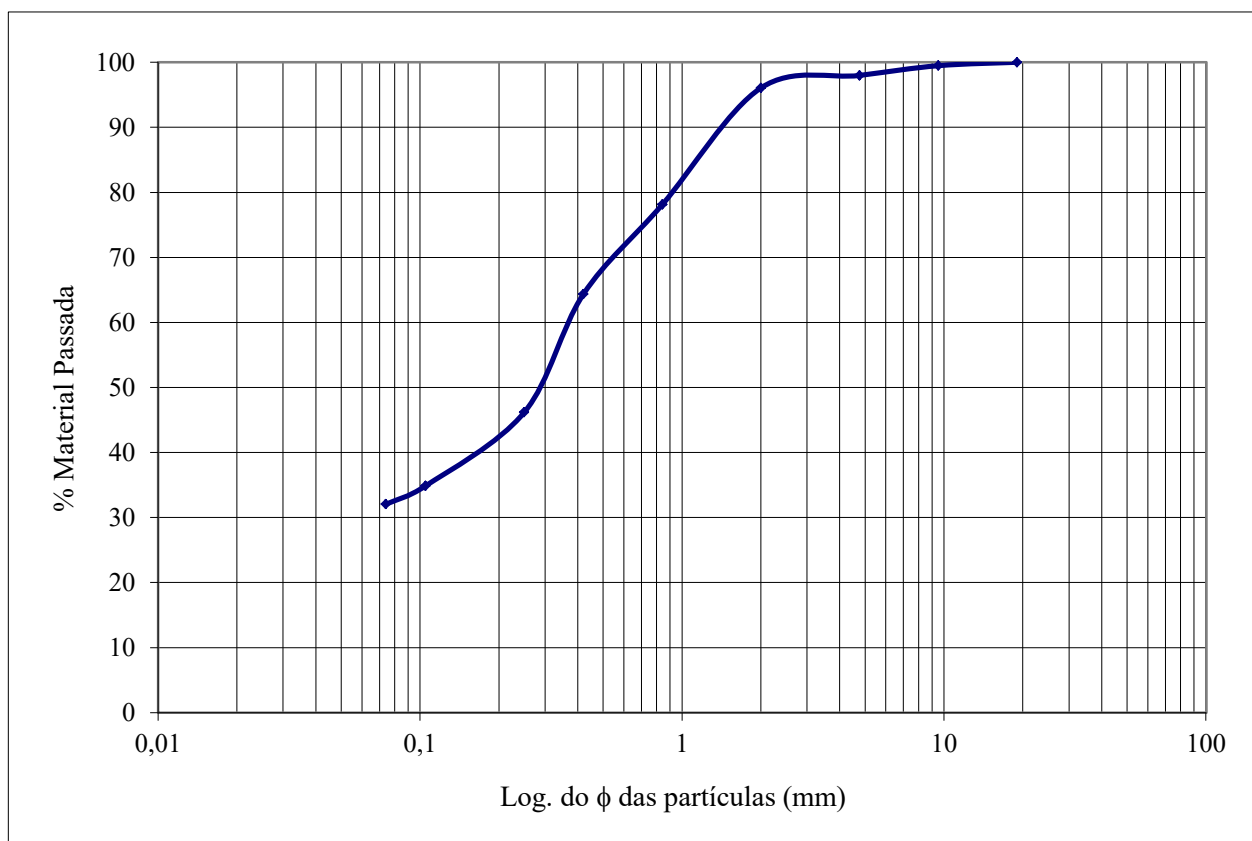
Dimensão das aberturas do peneiro (mm)		Massa do material retido (g)	% Material retido $N_x = (mx/ma)N''10$	% Acumulada retida (total) N'_x	% Acumulada passada (total) $[N''_x = 100 - N'_x]$
20	0,841	19,15	17,94	21,88	78,12
40	0,420	14,72	13,79	35,67	64,33
60	0,250	19,38	18,15	53,82	46,18
140	0,105	12,07	11,31	65,13	34,87
200	0,074	3,03	2,84	67,97	32,03
< 200	< 0,074	34,20	32,03	100,00	
Total		102,55			



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA LNEC E 239 - 1970

Amostra: **T5**

Refª: 10/68-R



Observações:

--

Data: 1 de Julho de 2010
Ensaiou:

Verificou:

**LIMITES DE CONSISTÊNCIA
NP - 143 (1969)**Cliente: **Aquavia Lda.**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

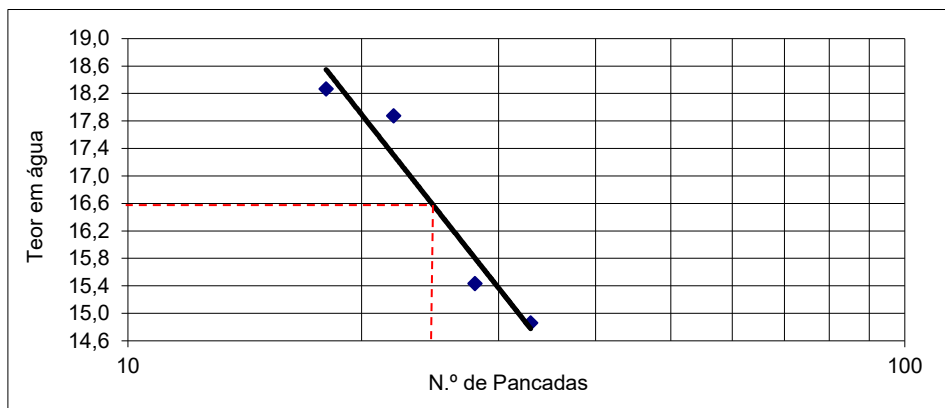
Local de recolha: A N do ramo 1

Amostra: **T5**

Data de recolha: 25 de Junho de 2010

Ref.ª: 10/68-R

LIMITE DE LIQUIDEZ				
Número da cápsula	1	2	3	4
Peso da cápsula (g)	13,92	13,68	14,48	13,77
Peso do solo húmido + cápsula (g)	23,12	23,48	24,24	22,90
Peso do solo seco + cápsula (g)	21,93	22,17	22,76	21,49
Peso da água (g)	1,19	1,31	1,48	1,41
Peso do solo seco (g)	8,01	8,49	8,28	7,72
Teor em água (%)	14,86	15,43	17,87	18,26
Número de golpes	33	28	22	18



LIMITE DE PLASTICIDADE				
Número da cápsula	5	6	8	12
Peso da cápsula (g)	14,03	13,77	22,09	21,97
Peso do solo húmido + cápsula (g)	20,09	19,55	26,38	27,90
Peso do solo seco + cápsula (g)	19,40	18,89	25,89	27,23
Peso da água (g)	0,69	0,66	0,49	0,67
Peso do solo seco (g)	5,37	5,12	3,80	5,26
Teor em água (%)	12,85	12,89	12,89	12,74
Média dos teores em água (%)	12,84			

Limite de Liquidez (%) = 17**Limite de Plasticidade (%) = 13****Índice de Plasticidade (%) = 4**

Observações:

Data: 2 de Julho de 2010
Ensaiou:

Verificou:

**ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA
LNEC E 199 - 1967**Cliente: **Aquavia Lda.**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local de recolha: A N do ramo 1

Data de recolha: 25 de Junho de 2010

Amostra: **T5**Ref.^a: 10/68-R

Proveta	1	2
k= Constante do aparelho (mm)	0	0
h ₁ = Altura do nível superior do floculado em relação ao fundo da proveta (mm)	211	171
h' ₂ = Altura do sedimento lida directamente (mm)	---	---
h ₃ = Altura entre a face superior da peça guia e a face inferior do peso do pistão (mm)	23	12
h ₂ = h ₃ -k= Altura do sedimento determinada com o auxílio do pistão (mm)	23	12

$$\text{Equivalente de Areia (E.A.)} = (h_2/h_1) \cdot 100$$

10,9

7,0

Média (%)**9**

$$\text{Equivalente de Areia Visual (E.A.V.)} = (h'_2/h_1) \cdot 100$$

Média (%)

Observações:

Devido à natureza do material ensaiado não foi possível determinar a altura h'₂.Data: 14 de Julho de 2010
Ensaiou:

Verificou:

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA
LNEC E 239 - 1970**Cliente: **Aquavia Lda**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local de recolha: A NW do ramo 1 – KM134+100

Amostra: **T7**

Data de recolha: 25 de Junho de 2010

Refª: 10/69-R

Massa Total

mt (g) = 3080,55

Massa retida # 2,00mm (n.º 10)

m₁₀(g) = 543,30

Massa passada # 2,00mm (n.º 10)

m'₁₀(g) = 2537,25

Fracção retida # 2,00 mm (n.º10)

Dimensão das aberturas do peneiro Polog. (mm)		Massa do material retido (g) mx	% Retida $N_x = (mx/mt)100$	% Acumulada retida N'_x	% Acumulada passada $N''_x = 100 - N'_x$
3"	76,10				
2"	50,80				
1 1/2"	38,10				
1"	25,40				
3/4"	19,00				100,00
3/8"	9,51	93,99	3,05	3,05	96,95
nº4	4,76	178,82	5,80	8,86	91,14
nº10	2,00	270,49	8,78	17,64	82,36
< nº10	< 2,00	2537,25	82,36		
Total		3080,55			

Fracção passada # 2,0 mm (n.º10)

Massa ensaiada

ma (g) = 103,66**Nº10 = (m'10/mt)100 = 82,36**

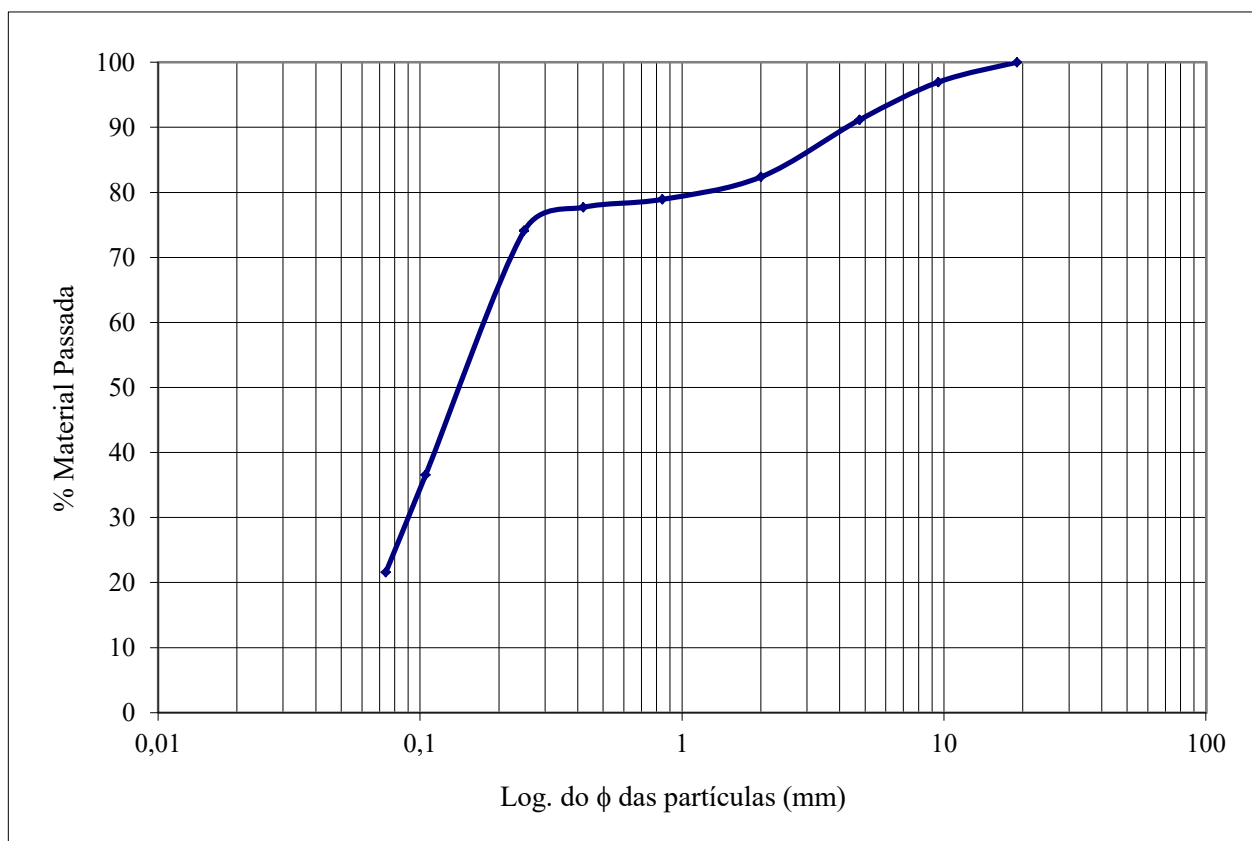
Dimensão das aberturas do peneiro (mm)		Massa do material retido (g)	% Material retido $N_x = (mx/ma)N''10$	% Acumulada retida (total) N'_x	% Acumulada passada (total) $[N''_x = 100 - N'_x]$
20	0,841	4,33	3,44	21,08	78,92
40	0,420	1,55	1,23	22,31	77,69
60	0,250	4,51	3,58	25,89	74,11
140	0,105	47,28	37,57	63,46	36,54
200	0,074	18,84	14,97	78,43	21,57
< 200	< 0,074	27,15	21,57	100,00	
Total		103,66			



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA LNEC E 239 - 1970

Amostra: **T7**

Refª: 10/69-R



Observações:

Data: 2 de Julho de 2010
Ensaiou:

Verificou:

**LIMITES DE CONSISTÊNCIA
NP - 143 (1969)**Cliente: **Aquavia Lda**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

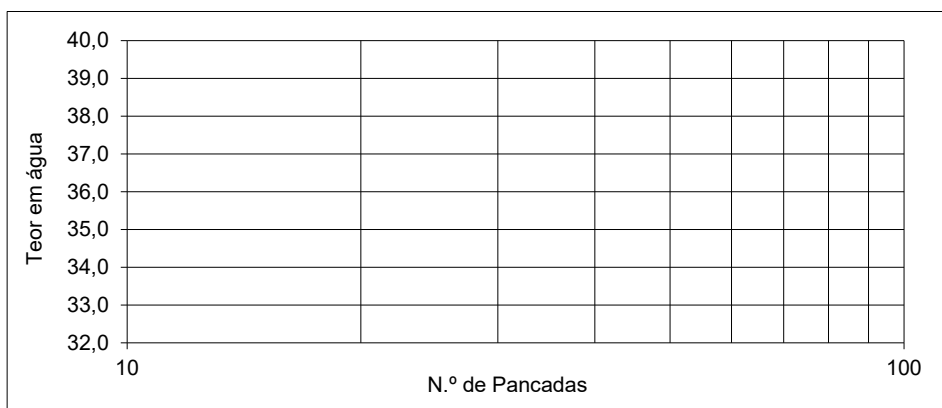
Local de recolha: A NW do ramo 1 – KM134+100

Amostra: **T7**

Data de recolha: 25 de Junho de 2010

Ref.ª: 10/69-R

LIMITE DE LIQUIDEZ				
Número da cápsula				
Peso da cápsula (g)				
Peso do solo húmido + cápsula (g)				
Peso do solo seco + cápsula (g)				
Peso da água (g)				
Peso do solo seco (g)				
Teor em água (%)				
Número de golpes				



LIMITE DE PLASTICIDADE				
Número da cápsula				
Peso da cápsula (g)				
Peso do solo húmido + cápsula (g)				
Peso do solo seco + cápsula (g)				
Peso da água (g)				
Peso do solo seco (g)				
Teor em água (%)				
Média dos teores em água (%)				

Limite de Liquidez (%) = N.P.**Limite de Plasticidade (%) = N.P.****Índice de Plasticidade (%) = N.P.**Observações: **N.P. - Solo não plástico.**Data: 2 de Julho de 2010
Ensaiou:

Verificou:

**ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA
LNEC E 199 - 1967****Cliente: Aquavia Lda****Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2****Local de recolha: A NW do ramo 1 – KM134+100****Amostra: T7****Data de recolha: 25 de Junho de 2010****Ref.ª: 10/69-R**

Proveta	1	2
k= Constante do aparelho (mm)	0	0
h ₁ = Altura do nível superior do floculado em relação ao fundo da proveta (mm)	191	148
h' ₂ = Altura do sedimento lida directamente (mm)	---	---
h ₃ = Altura entre a face superior da peça guia e a face inferior do peso do pistão (mm)	8	9
h ₂ = h ₃ -k= Altura do sedimento determinada com o auxílio do pistão (mm)	8	9

Equivalente de Areia (E.A.) = (h₂/h₁)*100**4,2****6,1*****Média (%)*****5*****Equivalente de Areia Visual (E.A.V.) = (h'₂/h₁)*100*****---****---*****Média (%)*****---****Observações:**Devido à natureza do material ensaiado não foi possível determinar a altura h'₂.**Data: 14 de Julho de 2010**
Ensaiou:**Verificou:**

**ENSAIO DE COMPACTAÇÃO (Proctor)**
LNEC E 197 - 1966Cliente: **Aquavia Lda**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

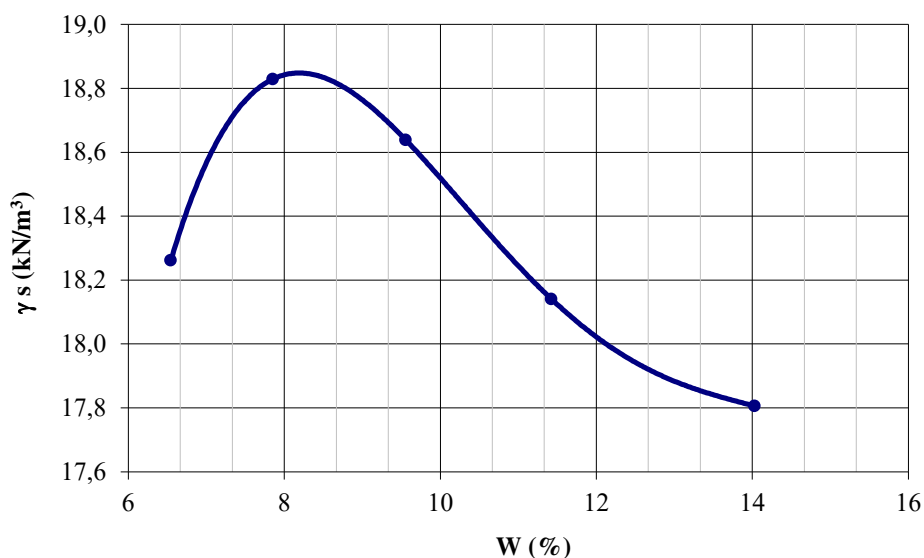
Local de recolha: A NW do ramo 1 – KM134+100

Amostra: **T7**

Data de recolha: 25 de Junho de 2010

Refª: 10/69-R

Compactação: Pesada		Molde: Pequeno				Nº Pancadas/Camada: 25					
Peso do Molde (g): 1766,3		Volume do Molde (cm³): 948									
Peso do Pilão (g): 4540		Altura de Queda (cm): 45,7									
Nº do provete		1		2		3		4		5	
Água adicionada (%)		6		8		10		12		14	
Vol (ml)		142		175		230		280		330	
Molde+solo húmido P _t (g)		3647,1		3729,3		3740,1		3720,2		3728,9	
Solo húmido P _h (g)		1880,8		1963,0		1973,9		1953,9		1962,7	
Baridade húmida $\gamma_w = P_h/V(g/cm^3)$		1,984		2,071		2,082		2,061		2,070	
Cápsula nº		19	20	21	22	23	24	11	12	17	18
Peso da cápsula P ₁ (g)		14,89	14,88	15,10	14,84	14,67	14,72	13,01	14,78	14,65	14,48
Cápsula+solo húmido P ₂ (g)		61,63	63,49	56,72	52,95	50,67	54,06	55,39	52,53	77,43	77,77
Cápsula+solo seco P ₃ (g)		58,82	60,44	53,48	50,37	47,61	50,54	51,01	48,69	69,74	69,95
Peso da água P _w =P ₂ -P ₃ (g)		2,81	3,05	3,24	2,58	3,06	3,52	4,38	3,84	7,69	7,82
Peso do solo seco P ₄ =P ₃ -P ₁ (g)		43,93	45,56	38,38	35,53	32,94	35,82	38,00	33,91	55,09	55,47
Teor em água W _n =P _w *100/P ₄ (%)		6,40	6,69	8,44	7,26	9,29	9,83	11,53	11,32	13,96	14,10
Teor em água médio W (%)		6,55		7,85		9,56		11,43		14,03	
Baridade seca (g/cm³)		1,862		1,920		1,900		1,850		1,816	
$\gamma_s=100\gamma_w/(100+w)$ (kN/m³)		18,26		18,83		18,64		18,14		17,81	



$\gamma_{s_{\max}}$ (kN/m³)
18,85
W_{opt} (%)
8,2

Observações:

Data: 21 de Julho de 2010

Ensaiou:

Verificou:

**DETERMINAÇÃO DO CBR****LNEC E 198 - 1967**Cliente: **Aquavia Lda.**

Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local de recolha: A NW do ramo 1 – KM134+100

Data de recolha: 25 de Junho de 2010

Amostra: **T7**Ref^o: 10/69-R

Nº de pancadas por camada		55		
Nº do molde		44		
Peso do molde	Pm (g)	4466		
Volume do molde vazio	V (cm ³)	2069		
Altura do molde	H (cm)	11,4		
Peso do molde+solo húmido	Pt (g)	8795		
Peso do solo húmido	P=Pt-Pm (g)	4329		
Baridade húmida	$\gamma_w = P/V$ (g/cm ³)	2,092		

Nº da cápsula			Antes emb		Após emb							
			3	4	3	4						
Peso da cápsula	p1 (g)		14,80	12,90	14,80	12,90						
Peso do solo húmido+cápsula	p2 (g)		70,90	82,00	87,95	102,89						
Peso do solo seco+cápsula	p3 (g)		66,38	76,20	81,60	95,28						
Peso da água	pw (g)		4,52	5,80	6,35	7,61						
Peso do solo seco	ps (g)		51,58	63,30	66,80	82,38						
Teor em água	pw/ps* 100 (%)		8,8	9,2	9,5	9,2						
Médias do teores em água	W (%)		9,0		9,4							

Baridade seca	γ_s (g/cm ³)	1,920	1,966				
Baridade seca máxima	$\gamma_{smáx}$ (g/cm ³)			1,922			
Grau de compactação	$\gamma_s/\gamma_{smáx}$ (%)	100	102				

Sobrecarga (placas)				Embebição							
Data de embebição		22/07	23/07	26/07	26/07						
Leituras		L (mm)	0,00	-0,19	-0,23	-0,24					

				Após embebição		
Peso do molde+solo	Pte (g)		8915			
Peso da água absorvida	Pte-Pt (g)		120,0			
Baridade húmida	(Pte-Pm)/V (g/cm ³)		2,150			
Expansão	L/H (%)		-0,21			

Observações: provete executado com energia de compactação correspondente a 55 pancadas por camada.



DETERMINAÇÃO DO CBR

LNEC E 198 - 1967

Cliente: **Aquavia Lda.**

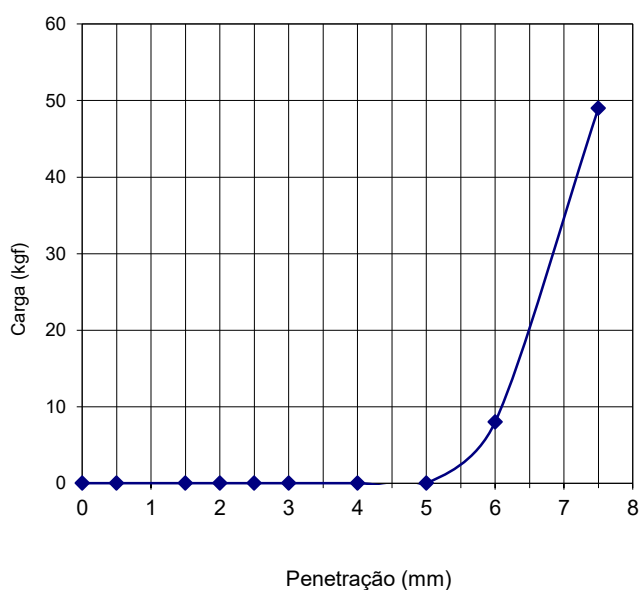
Obra: Caminho Paralelo à EN1/IC2

Local de recolha: A NW do ramo 1 – KM134+100

Data de recolha: 25 de Junho de 2010

Ref^a: 10/69-R

Nº panc.	----			55		
Nº molde	----			44		
Pen(mm)	Leit. anel (Div)			Cargas (kgf)		
0,0	----			0,0		
0,5	----			0,0		
1,5	----			0,0		
2,0	----			0,0		
2,5	----			0,0		
3,0	----			0,0		
4,0	----			0,0		
5,0	----			0,0		
6,0	----			8,0		
7,5	----			49,0		
8,0						
9,0						
10,0						
12,5						



Nº pancadas	55		
Compactação relativa (%)	100		
Expansão (%)	-0,21		
2,5	Força (kgf)	0,0	
	CBR (%)	0,0	
5	Força (kgf)	0,0	
	CBR (%)	0,0	
CBR (%)		0	

Data: 26 de Julho de 2010
Ensaiou:

Verificou: