



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

SECRETARIA REGIONAL DOS TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS  
**LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL**

**DIREÇÃO DE SERVIÇOS DE GEOTECNIA E PROSPEÇÃO**

ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO  
PARA APOIO AO DESENVOLVIMENTO DO  
PROJETO PARA A NOVA VARIANTE NA  
ZONA DO PORTAL DO VENTO (SETE  
CIDADES)

RELATÓRIO 30/2018

Trabalho realizado para  
Direção Regional das Obras Públicas e Comunicações

Ponta Delgada, maio de 2018



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

SECRETARIA REGIONAL DOS TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS  
**LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL**

**DIREÇÃO DE SERVIÇOS DE GEOTECNIA E PROSPEÇÃO**

ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO PARA APOIO AO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO  
PARA A NOVA VARIANTE NA ZONA DO PORTAL DO VENTO (SETE CIDADES)

---

**IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO**

---

|                    |   |
|--------------------|---|
| Relatório ID:      | LREC/DSGP – RELATÓRIO 30/2018   |
| Proc. ID:          | Proc. 304   |
| LREC/CD - Cota ID: |   |
| Autor(s) ID:       | Luís Miguel Fernandes Teixeira<br><i>Eng.º Civil</i><br>Paulo Alexandre Pimentel Amaral<br><i>Geólogo, Doutor em Geologia, Especialidade de Vulcanologia</i>                              |
| Visto(s) ID:       | A Diretora de Serviços de Geotecnia e Prospeção<br>Ana Maria Mota de Albergaria Pacheco Malheiro<br>O Diretor do Laboratório Regional de Engenharia Civil<br>Francisco de Sousa Fernandes |

---

---

**DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE**

---

O Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC) declara que a cópia em formato PDF gravada no CD com ID LREC 30-18, constitui uma cópia integral e autêntica do documento acima identificado, encontrando-se em arquivo próprio do LREC o original em papel.

---

## Índice

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA.....</b> | <b>5</b>  |
| 2.1      | Localização .....                       | 5         |
| 2.2      | Aspetos geológicos e tectónicos .....   | 6         |
| <b>3</b> | <b>AÇÕES REALIZADAS .....</b>           | <b>11</b> |
| 3.1      | Poços de reconhecimento.....            | 12        |
| 3.2      | Ensaio DPM .....                        | 17        |
| 3.2.1    | Descrição do ensaio .....               | 18        |
| 3.2.2    | Tratamento de dados.....                | 19        |
| 3.2.3    | Resultados obtidos .....                | 19        |
| <b>4</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>        | <b>28</b> |
|          | <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>               | <b>31</b> |

## **ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO PARA APOIO AO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO PARA A NOVA VARIANTE NA ZONA DO PORTAL DO VENTO (SETE CIDADES)**

### **1 INTRODUÇÃO**

Foi solicitado ao Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC) pela Direção Regional das Obras Públicas e Comunicações (DROPC), através de um e-mail datado de 17-04-2018, a realização de um estudo geológico e geotécnico para a nova variante à estrada regional ER 9-1ª, na zona do Portal do Vento, freguesia de Sete Cidades, concelho de Ponta Delgada.

O trabalho de campo do qual resulta o presente trabalho decorreu nos dias 26-04-2018 e 09-05-2018, e consistiu na execução de quatro ensaios de resistência à penetração com o recurso a um Penetrómetro Dinâmico Médio (DPM) e na realização de um poço de observação, com vista à caracterização macroscópica das formações geológicas intersetadas.

Neste documento efetua-se uma síntese dos trabalhos executados, um enquadramento da área de interesse em termos geológicos e geotécnicos, e apresentam-se os resultados obtidos pela prospeção e ensaios realizados.

## 2 ENQUADRAMENTO GERAL DA ÁREA

### 2.1 Localização

Os trabalhos para a caracterização geológica e geotécnica foram realizados nos terrenos situados na zona do Portal do Vento, freguesia de Sete Cidades, concelho de Ponta Delgada. O objetivo do trabalho foi a caracterização dos terrenos que servirão de base de fundação à nova variante à estrada regional ER 9-1ª a implementar naquele local (Figura 1).

De referir que o local estudado fica localizado nos terrenos contíguos (na mesma secção de cumeeira da caldeira) aos do miradouro da vista do Rei e do Hotel Monte Palace, que já foram caracterizados anteriormente pelo LREC, do qual resultaram dois documentos: o Relatório 111/2016 e a Nota Técnica 11/2017.



**Figura 1** - Localização geral onde foram efetuados os trabalhos de caracterização geológica e geotécnica dos quais resultaram o Relatório 111/2016 e a Nota Técnica 11/2017 (vermelho) e local onde foram efetuados os trabalhos do presente trabalho (a azul).

## 2.2 Aspetos geológicos e tectónicos

Do ponto de vista geomorfológico, a zona em estudo enquadra-se no designado Maciço das Sete Cidades, uma das 8 regiões geomorfológicas definidas por Zbyszewski *et al.* (1959) para a ilha de São Miguel.

Este maciço ocupa o extremo oeste da ilha e corresponde a um vulcão central com caldeira, no interior da qual onde se identificam várias lagoas, diversos cones de pedra pomes, domos lávicos de natureza traquítica e maars (s.l.). A morfologia do referido maciço reflete o somatório de inúmeros fenómenos vulcânicos e tectónicos, aliados a uma significativa atividade erosiva.

A caldeira do vulcão das Sete Cidades tem uma forma aproximadamente circular e é definida por paredes abruptas sub-verticais, com alturas que variam entre os 400 m, no marco geodésico dos Remédios, e os 30 m, na zona da Seara. O maciço das Sete Cidades é limitado pelo mar em grande parte do seu perímetro, coalescendo a SE com a designada região dos Picos, uma zona marcada pela presença de diferentes alinhamentos de cones de escórias. No flanco noroeste do vulcão encontra-se bem marcado o designado Graben dos Mosteiros, uma estrutura tectónica de direção geral NW-SE. Ao longo de outras fraturas regionais e de algumas falhas radiais podem observar-se cones de escórias e domos lávicos. A zona de interesse do presente trabalho, situa-se no flanco Sul da caldeira.

Os flancos do vulcão apresentam uma inclinação média de 12º, aumentando até 18º junto ao bordo da caldeira, em resultado da acumulação de grandes espessuras de depósitos piroclásticos emitidos a partir dos centros eruptivos intracaldeira. A nível das vertentes, os processos erosivos têm proporcionado o desenvolvimento de linhas de água encaixadas, onde as espessuras de materiais piroclásticos, relativamente soltos e de fácil remobilização, são mais significativas. Os sistemas vulcânicos materializados com caldeira são responsáveis pela emissão de produtos piroclásticos de composição traquítica.

Queiroz (1997) propôs uma escala vulcanoestratigráfica para o complexo vulcânico das Sete Cidades, tendo distinguido dois grupos: O Grupo Inferior e o Superior. O Grupo Inferior integra os depósitos do maciço vulcânico das Sete Cidades com idades superiores a  $35740 \pm 810$  anos B.P (Before Present), correspondendo a um conjunto de escoadas e domos traquíticos que afloram na parede NW da caldeira. As sequências vulcanoestratigráficas deste grupo apenas são observadas nas arribas e nas paredes da caldeira.

O Grupo Superior engloba todos os produtos vulcânicos com idades inferiores a  $35740 \pm 810$  anos B.P, estando dividido em seis unidades vulcanoestratigráficas que marcam diferentes fases da edificação do vulcão. Da base para o topo destacam-se a formação do Risco, Ajuda, Bretanha, Lombas, Sta. Bárbara e das Lagoas. Neste contexto, importa referir a Formação das Lagoas, em particular a divisão do Membro da Pepom, com idades inferiores a 5000 B.P, pois é neste Membro que se posicionam os trabalhos realizados. Durante o período correspondente ao Membro da Pepom, a atividade eruptiva foi caracterizada pela ocorrência de eventos vulcânicos basálticos nos flancos, com maior ou menor explosividade, e eventos com maior explosividade no interior da caldeira (Queiroz, 1997), com carácter fortemente hidromagmático.

Em resultado das erupções de carácter explosivo, com fases magmáticas e hidromagmáticas, foram produzidos piroclastos de natureza pomítica que se depositaram por queda e por fluxo em torno do maciço das Sete Cidades.

Os terrenos de interesse apresentam produtos vulcânicos resultantes de vulcanismo explosivo, com fases magmáticas e hidromagmáticas, produzindo uma sequência de depósitos piroclásticos com elevada heterogeneidade. A dimensão dos piroclastos traquíticos pode ser muito variável, desde a dimensão da cinza à do bloco. Em cortes de taludes na zona de interesse é frequente poder observar-se o aparecimento de várias sequências deste tipo de material. O produto vulcânico que representa a

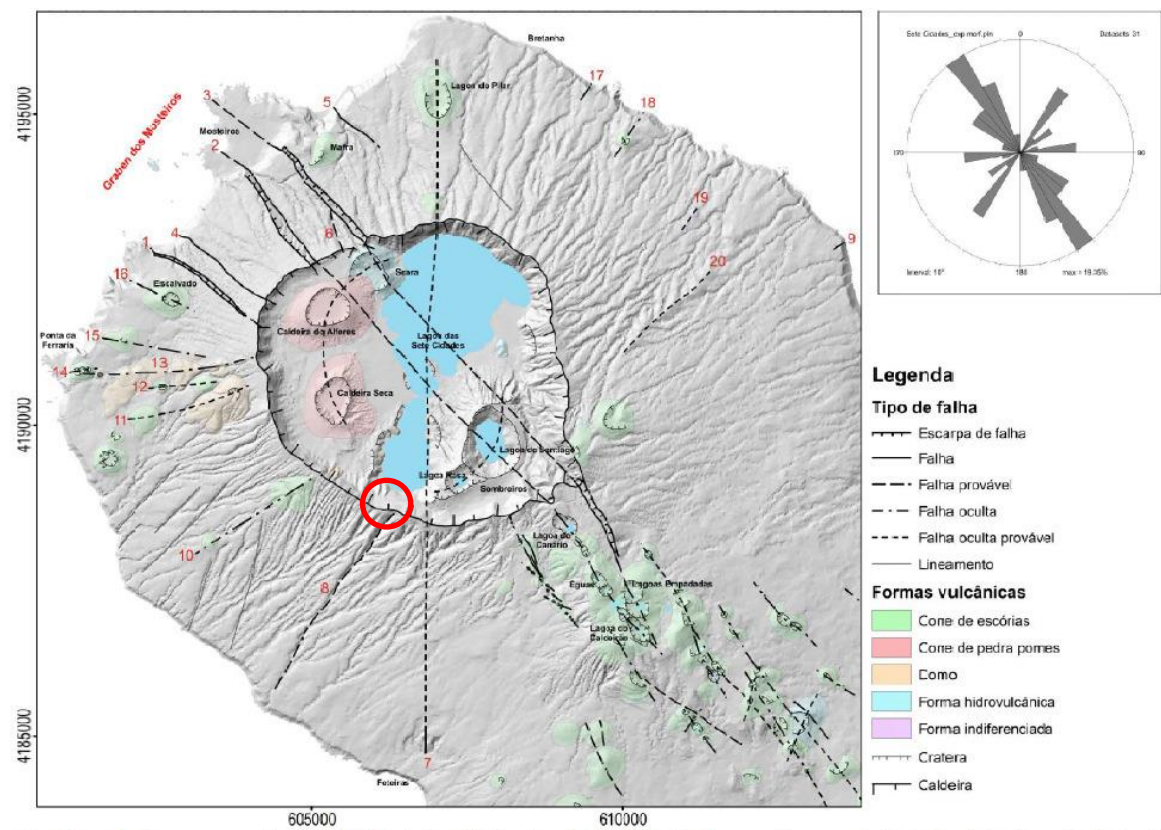
composição dos taludes é a pedra-pomes. Este tipo de material caracteriza-se pela sua cor branca a parda ou acastanhada, pela sua elevada porosidade e elevada a moderada permeabilidade e ainda por apresentarem densidade inferior à da água (o que leva a que flutuem na água).

Uma vez que se tratam de depósitos piroclásticos subaéreos com características granulares, incoerentes e parcialmente saturados, a coesão que estes materiais apresentam resulta do efeito positivo da sucção matricial no aumento da resistência ao corte (Amaral, 2010), assim como do imbricamento existente entre clastos e aglutinação derivados do processo de instalação e da temperatura associadas à proximidade da fonte.

O enquadramento tectónico da área é dominado por um conjunto importante de sistemas de falhas, com uma direção predominante de WNW-ESE a NW-SE, coincidentes com as direções gerais das principais estruturas tectónicas regionais (**Figura 2**).

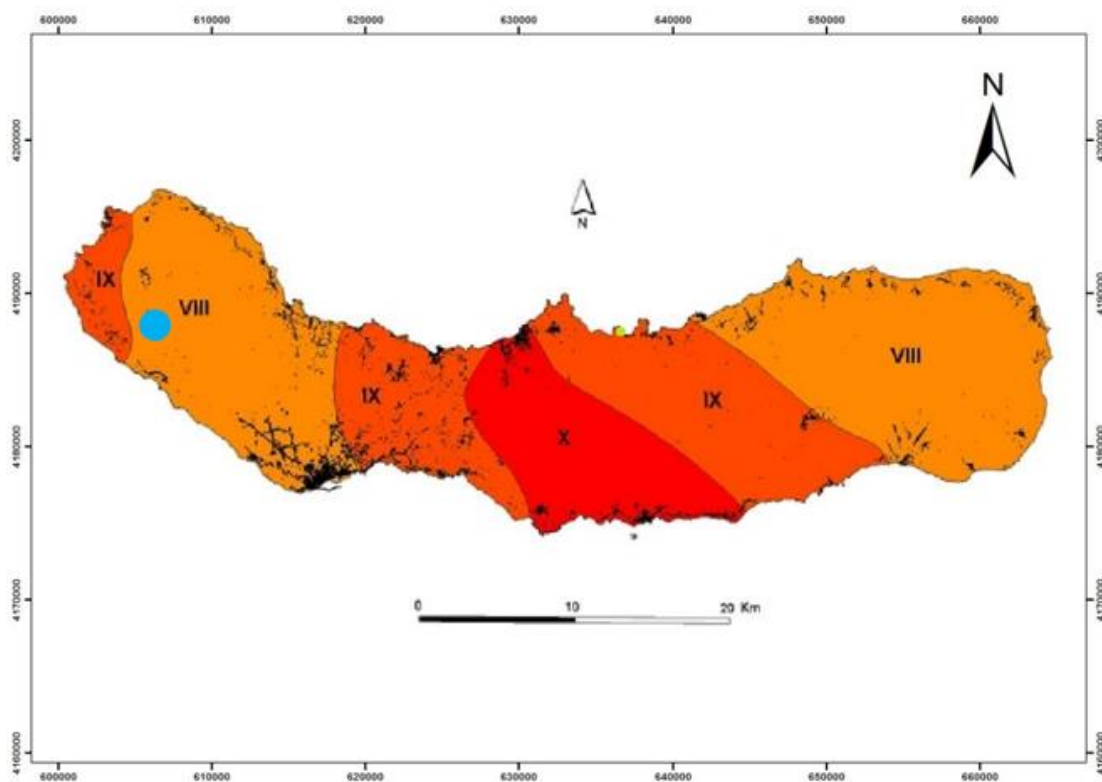
A análise de documentos históricos e os dados da sismicidade instrumental permitem constatar que a ilha de S. Miguel tem sido bastante afetada por eventos de natureza sismo-vulcânica apresentando um elevado índice de sismicidade na sua parte central, onde se desenvolvem os sistemas Vulcano - tectónicos do Fogo, Congro e Furnas. Constata-se ainda que, embora menos frequentemente, também no maciço das Sete Cidades se tem registado alguma sismicidade.





**Figura 2** – Cartografia das estruturas consideradas no vulcão das Sete Cidades (Carmo, 2013). O círculo a vermelho diz respeito à localização da zona em análise.

De acordo com Silveira (2002), que elaborou uma carta de intensidades máximas, com base no estudo sísmico documental e instrumental para ilha de São Miguel, a área em questão apresenta uma intensidade máxima histórica de VIII graus (**Figura** ).



**Figura 3** - Carta de intensidades máximas para a ilha de S. Miguel (Silveira, 2002). A azul a localização da zona de interesse.

Face ao descrito anteriormente, para efeitos de caracterização das ações sísmicas, considera-se que, de acordo com o Regulamento de Segurança e Ações para estruturas de Edifícios e Pontes, Decreto-Lei 235/83, de 31 de maio de 1983, o terreno em estudo enquadra-se na categoria A, com um coeficiente de sismicidade  $\alpha = 1$ .

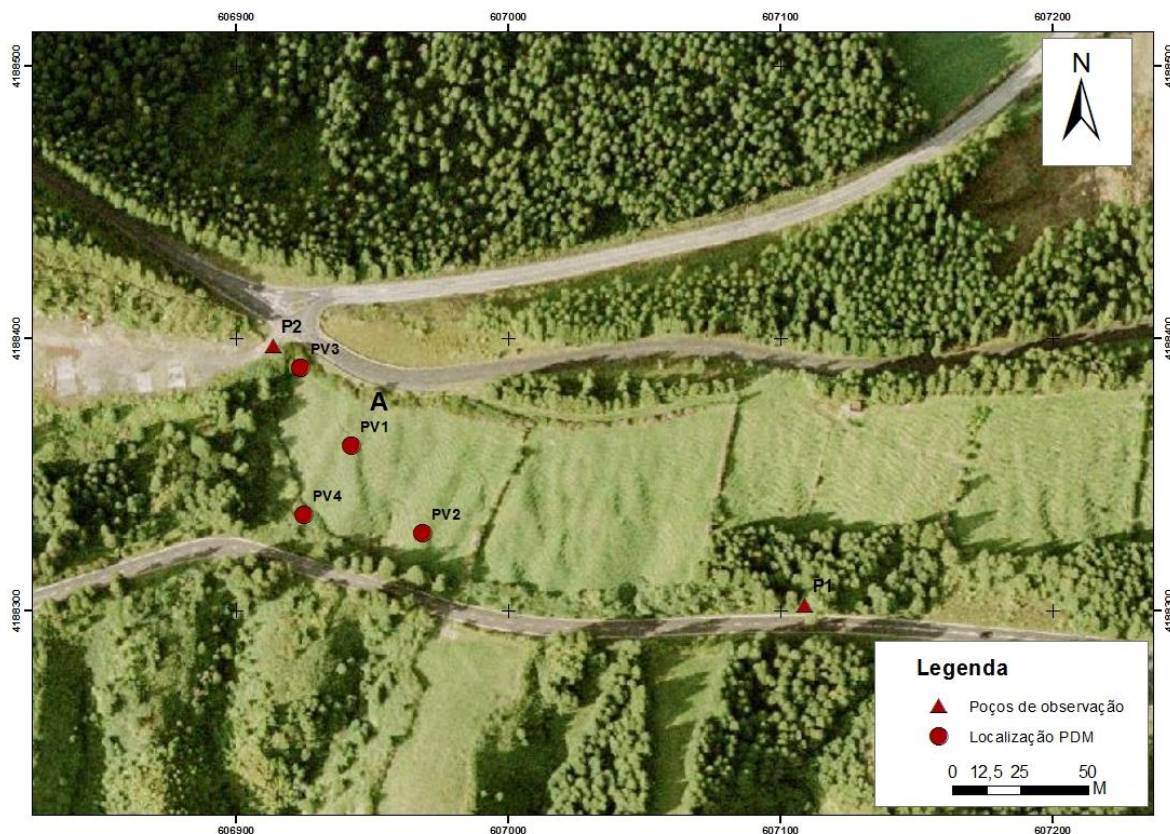
De acordo com o Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1), a área em análise localiza-se na zona sísmica 2.1 que adota para o valor de referência da aceleração máxima à superfície de um terreno do tipo A;  $a_{gR}$ , 2,5 m/s<sup>2</sup>. Para efeito de configuração espectral, tendo em conta a geologia predominante do local, o perfil geológico a considerar será o 5, devendo como tal adotar-se o tipo de terreno C.

### 3 AÇÕES REALIZADAS

Tendo em consideração os condicionalismos existentes em termos de acessibilidade para equipamentos de prospeção (e.g. sonda de perfuração) e dada a inclinação acentuada do local de interesse, a caracterização geológica e geotécnica consistiu no reconhecimento do terreno de fundação através da abertura de 1 poço de observação, denominado doravante de P1, e na realização de quatro ensaios de penetração dinâmicos médios, com recurso a um Penetrómetro Dinâmico Médio, doravante denominados de PV1, PV2, PV3 e PV4.

Para além do P1 foi considerado um segundo poço (P2), que correspondeu a uma vala aberta para colocação de tubo de drenagem de água no recente parque de estacionamento do Portal do Vento.

Na Figura 4 apresenta-se a localização espacial onde foi aberto o poço de observação, o poço já existente e realizados os ensaios DPM.



**Figura 4** - Localização dos poços de observação (P1 poço aberto e P2 poço já existente) e dos ensaios DPM (1, 2, 3 e 4).

### 3.1 Poços de reconhecimento

Através da inspeção visual aos afloramentos existentes no local e nos poços de observação, constatou-se que a geologia da área de interesse consiste nas seguintes unidades geológico-geotécnicas:

C1 – Aterro

C2- Depósitos piroclásticos pomíticos

A unidade C1 corresponde a materiais que foram remexidos ou colocados por ação antrópica no local. No geral, são materiais arenosos de natureza pomítica e estão misturados com clastos pomíticos e basálticos da dimensão dos cascalhos (2 - 64



mm). Estão muito localizados na zona da entrada do parque de estacionamento e acesso à pastagem de interesse.

A unidade geológica-geotécnica C2 corresponde a depósitos piroclásticos pomíticos (DPP). Do ponto de vista granulométrico estes materiais correspondem, essencialmente, a GP-GM – cascalhos mal graduados com siltes e areias, e a SM - areias siltosas. A matriz fina das areias siltosas apresenta plasticidade quando húmida e denota diferentes tonalidades, desde o castanho claro a tons claros.

O P1 foi efetuado numa zona contígua à estrada regional, na zona onde irá confluir a nova variante da estrada regional com esta. No Quadro 1 apresenta-se a descrição macroscópica dos materiais encontrados até à profundidade de 3,00 m. Na Figura 5 ilustra-se o aspeto do P1.



**Figura 5** - Aspeto do poço realizado - P1.

**Quadro 1** - Resumo das características dos solos ocorrentes em P1.

| Nº Poço           |     | Prof. Máxima (m)   | Presença de água |
|-------------------|-----|--|------------------|
| P1                |     | 3,0  | Não              |
| Profundidades (m) |     | Descrição geológica  |                  |
| 0                 | 0,2 | Solo vegetal, de cor castanho muito escuro.  |                  |
| 0,2               | 3,0 | Areias siltosas intercaladas com cascalhos pomíticos. Cor bege a castanha. Ligeira plasticidade quando húmido. |                  |

O P2 correspondeu a uma vala/poço existente na entrada do parque de estacionamento do Portal do Vento, em virtude das obras ali em curso. Da observação da estratigrafia do mesmo, foi possível observar que do lado sul da vala/poço, os solos ocorrentes são naturais e constituídos por depósitos pomíticos (pedra-pomes), ao passo que os do lado norte são materiais de aterro.

No Quadro 2 apresenta-se a descrição macroscópica dos materiais encontrados até à profundidade de 2,00 m. Na Figura 6 ilustra-se o aspeto do P2.



**Figura 6** – Aspeto da parede sul do poço existente - P2.

**Quadro 2** – Resumo das características dos solos ocorrentes em P2.

| Nº Poço           |     | Prof. Máxima (m)   | Presença de água |
|-------------------|-----|--|------------------|
| P2                |     | 2,0  | Não              |
| Profundidades (m) |     | Descrição geológica  |                  |
| 0                 | 2,0 | Intercalação de cascalhos e areias pomíticas, tons claros. Não plástico (lado sul)<br>Materiais de aterro artificial (lado norte). |                  |

Num trabalho realizado para a SRTOP (RT 111-2016 e NT 11-2017) foram realizados dois ensaios (P1 e P2) de compressão triaxial do tipo consolidado isotropicamente drenado (CID – *consolidated isotropic drained*) com os materiais que constituem esta unidade geológico e geotécnica C2. Nestes ensaios manteve-se constante a tensão na câmara (tensão de confinamento) e aumentou-se a tensão axial, tendo-se realizado o ensaio de acordo com a norma ISO/TS 17892-9 (2004).

Para o ensaio designado de P1 foi aplicada a tensão de consolidação isotrópica de 50 kPa, 100 kPa, 150 kPa e 200 kPa e para o segundo ensaio, designado de P2, foram ensaiados três provetes, para tensões de consolidação isotrópica de 50 kPa, 100 kPa e 200 kPa.

Antecedendo a fase de consolidação, todos os provetes foram submetidos a um processo de saturação, tendo os mesmos sido considerados saturados quando o parâmetro B de Skempton alcançou um valor mínimo de 0,95. Na fase de corte foi adotada uma velocidade constante de 0,05 mm/min e as pressões neutras foram medidas.

No Quadro VII apresentam-se os estados de tensão na rotura medidos durante a fase de corte dos provetes (NT 11-2017).

**Quadro 3** – Estados de tensão na rotura obtidas na fase de corte do ensaio P1 e P2.

| Fase de Corte          |     |       |       |       |       |       |              |
|------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Ensaio                 |     | P1    |       |       |       | P2    |              |
| Provetes               |     | 1.1   | 1.2   | 1.3   | 1.4   | 2.1   | 2.2 2.3      |
| Tensão de Consolidação | kPa | 50    | 100   | 150   | 200   | 50    | 100 200      |
| $q_{m\acute{a}x}$      | kPa | 195,4 | 393,8 | 495,2 | 708,1 | 281,9 | 574,9 934,2  |
| $\sigma'_1$            | kPa | 245,3 | 492,8 | 644,5 | 908,5 | 333,4 | 676,3 1135,2 |
| $\sigma'_3$            | kPa | 49,9  | 99,0  | 149,3 | 200,4 | 51,5  | 101,4 201,0  |
| $\epsilon_{a,r}$       | %   | 7,26  | 9,96  | 10,30 | 11,54 | 5,33  | 6,24 8,16    |

Legenda:  $q_{m\acute{a}x}$  – tensão deviatórica máxima;  $\sigma'_1$  – Tensão axial;  $\sigma'_3$  – Tensão radial;  $\epsilon_{a,r}$  – Deformação axial na rotura.

No Quadro 4 apresentam-se os parâmetros de resistência ao corte determinados para a C2, a partir dos ensaios de compressão triaxial do tipo CID. O critério de rotura utilizado foi o de Mohr-Coulomb.

**Quadro 4** – Parâmetros de resistência ao corte obtidos no ensaio de compressão triaxial do tipo CID, para os ensaios P1 e P2.

| Parâmetros de Resistência ao Corte |             |       |       |
|------------------------------------|-------------|-------|-------|
| Ensaio                             |             | P1    | P2    |
| Tensões Efetivas                   | $\phi'$ (°) | 39,8  | 45,3  |
|                                    | $c'$ (kPa)  | 0,0   | 0,0   |
| Tensão de Consolidação             | 50          | 101,8 | 141,0 |
|                                    | 100         | 196,9 | 287,4 |
|                                    | 150         | 247,6 | --    |
|                                    | 200         | 354,0 | 467,1 |

Legenda:  $\phi'$  – ângulo de atrito interno;  $c'$  – coesão efetiva;  $C_u$  – coesão não drenada para cada estado de tensão.

Os resultados atingidos em termos de ângulo de atrito interno foram de cerca de 40° e 45°, para as amostras P1 e P2, respetivamente. No que concerne à coesão efetiva deste material, esta é nula.



### 3.2 Ensaios DPM

Para além dos poços (P1 e P2), foram realizados 4 ensaios de penetração dinâmica, designados PV1, PV2, PV3 e PV4, com o auxílio de um Penetrómetro Dinâmico Médio (Figura ) seguindo aproximadamente o traçado previsto da nova variante.



**Figura 7** - Penetrómetro Dinâmico Médio. Imagem demonstrativa do ensaio em curso.

No Quadro 5 são indicadas as coordenadas e cotas dos pontos de ensaio no terreno.

**Quadro 5** - Coordenadas e cotas dos pontos de ensaio.

| ENSAIO | M          | P          | Cota   |
|--------|------------|------------|--------|
| PV1    | 606942.33  | 4188360.81 | 604.83 |
| PV2    | 606968.64  | 4188328.37 | 597.72 |
| PV3    | 606923.83  | 4188389.19 | 612.52 |
| PV4    | 60.6924.90 | 4188335.29 | 592.74 |

### 3.2.1 Descrição do ensaio

O ensaio de penetração dinâmico consiste na determinação do número de pancadas (N), em resultado da queda livre desde uma altura (h) de um pilão de massa (M) sobre um conjunto de varas com uma ponta cónica com a área da base conhecida (A), necessárias para que ocorra uma penetração de 10 cm. Porém, o ensaio é contínuo e prolonga-se até à profundidade desejada medindo-se o número de pancadas a cada 10 cm de penetração.

Importa ainda referir que o diâmetro das varas utilizadas é inferior ao da base da ponta cónica, pelo que, teoricamente, a resistência à penetração resulta apenas de forças de reação do terreno sobre a superfície cónica da ponta.

No presente caso, o Penetrómetro Dinâmico utilizado apresenta as seguintes características (Quadro 3 6).

**Quadro 3-** Características do equipamento utilizado.

| Designação            | Unidades |                 |
|-----------------------|----------|-----------------|
| Massa do pilão        | 30       | kg              |
| Altura de Queda       | 20       | cm              |
| Área da ponta         | 10       | cm <sup>2</sup> |
| Comprimento das varas | 1        | m               |
| Peso das varas        | 2,9      | kg/m            |
| Peso do suporte       | 12       | kg              |

Assim, e uma vez que a massa utilizada foi de 30 kg, os ensaios realizados são considerados ensaios de penetração dinâmica média (DPM).

### 3.2.2 Tratamento de dados

Com base nos valores (N) obtidos, é possível estimar a resistência dinâmica de ponta (Rd), a cada 10 cm de penetração da ponteira cônica, pela eq. 1.

$$Rd = \frac{M^2 * h}{A * e * (M + P + Pp)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

- A - área da superfície da ponteira cônica (cm<sup>2</sup>);
- h – altura de queda do pilão (20 cm);
- P – peso das varas (2,9 kg/m);
- Pp – peso do suporte (12 kg), e;
- e – valor médio da penetração por pancada recusa, obtido pela eq. 2:

$$e = \frac{10}{N} \quad (\text{Eq. 2})$$

### 3.2.3 Resultados obtidos

#### PV1

O número de pancadas, por cada 10 cm de penetração no solo, no ensaio PV1 é apresentado no Quadro 7. Na Figura 8 apresentam-se os valores de N e de Rd obtidos em profundidade no ensaio PV1.

**Quadro 4** - Registo de pancadas (N) no PV1.

**Registo do ensaio PV1**

| PROF. | N    | PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N |
|-------|------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|---|
| 0,10  | 4    | 2,10  | 19 | 4,10  | 18 | 6,10  | 13 |       |   |
| 0,20  | 0,5  | 2,20  | 19 | 4,20  | 18 | 6,20  | 13 |       |   |
| 0,30  | 0,5  | 2,30  | 22 | 4,30  | 15 | 6,30  | 10 |       |   |
| 0,40  | 3    | 2,40  | 23 | 4,40  | 14 | 6,40  | 10 |       |   |
| 0,50  | 0,33 | 2,50  | 23 | 4,50  | 10 | 6,50  | 9  |       |   |
| 0,60  | 0,33 | 2,60  | 21 | 4,60  | 11 | 6,60  | 8  |       |   |
| 0,70  | 0,33 | 2,70  | 18 | 4,70  | 11 | 6,70  | 10 |       |   |
| 0,80  | 1    | 2,80  | 20 | 4,80  | 11 | 6,80  | 6  |       |   |
| 0,90  | 1    | 2,90  | 22 | 4,90  | 15 | 6,90  | 9  |       |   |
| 1,00  | 1    | 3,00  | 18 | 5,00  | 16 | 7,00  | 16 |       |   |
| 1,10  | 0,33 | 3,10  | 13 | 5,10  | 18 | 7,10  | 15 |       |   |
| 1,20  | 0,33 | 3,20  | 9  | 5,20  | 12 | 7,20  | 20 |       |   |
| 1,30  | 0,33 | 3,30  | 3  | 5,30  | 11 | 7,30  | 13 |       |   |
| 1,40  | 1    | 3,40  | 12 | 5,40  | 14 | 7,40  | 15 |       |   |
| 1,50  | 3    | 3,50  | 9  | 5,50  | 15 | 7,50  | 17 |       |   |
| 1,60  | 6    | 3,60  | 11 | 5,60  | 16 | 7,60  | 21 |       |   |
| 1,70  | 10   | 3,70  | 18 | 5,70  | 14 | 7,70  | 25 |       |   |
| 1,80  | 13   | 3,80  | 16 | 5,80  | 16 | 7,80  | 17 |       |   |
| 1,90  | 15   | 3,90  | 19 | 5,90  | 17 | 7,90  | 17 |       |   |
| 2,00  | 16   | 4,00  | 17 | 6,00  | 15 | 8,00  |    |       |   |

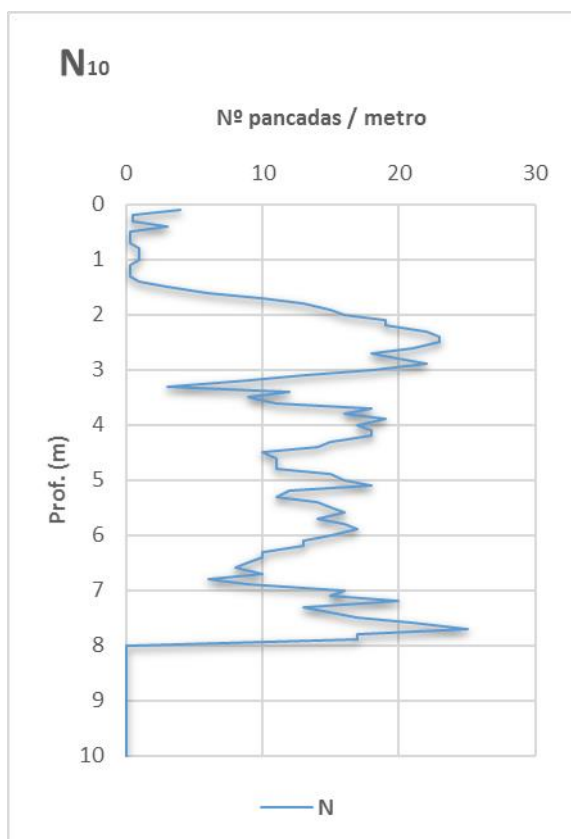


Gráfico 1 - Valores de N - PV1

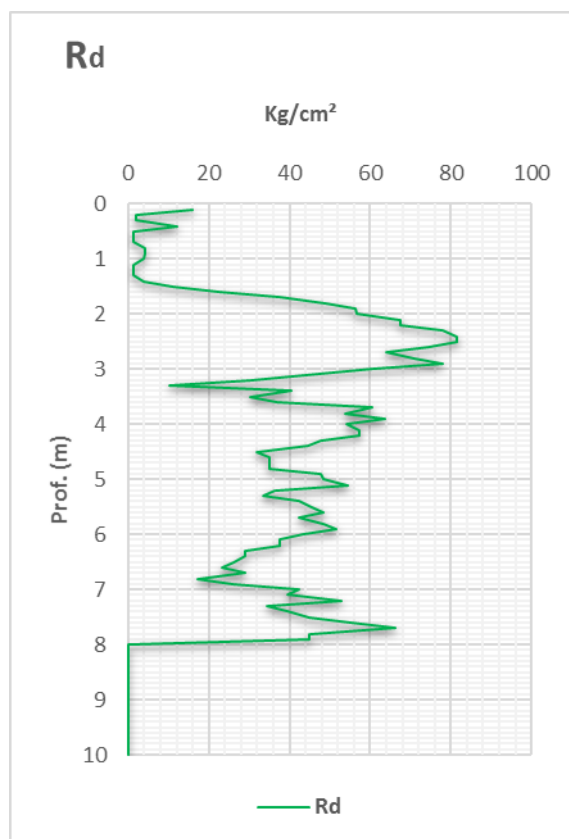


Gráfico 2 - Valores de Rd - PV1

**Figura 8** - Valores de N e de Rd obtidos em profundidade no ensaio PV1.

Com base na informação obtida pelo ensaio PV1, no N e Rd, e considerando a localização e natureza geológica do terreno em estudo, verifica-se que neste ponto do terreno, considerando os baixos valores de N obtidos, até uma profundidade aproximada de 1,5 m, o terreno é constituído por areias siltosas de natureza pomítica. A partir dos 1,5 m de profundidade e até à profundidade atingida no ensaio (7,90 m), o N aumenta, para valores médios de 15 pancadas por cada 10 cm de penetração. Este facto indica que a granulometria do solo se altera para areias, cascalhos e blocos pomíticos. De referenciar ainda que dos 3,10 m aos 3,60 m e dos 6,50 m aos 6,9 m ocorreu, nestes intervalos, uma redução do numero de N, sendo que o N nestes intervalos esteve abaixo da média obtida a partir dos 1,50 m, o que

sugere a existência de camadas intercaladas de areias siltosas de natureza pomítica com camadas de areias, cascalhos e blocos pomíticos.

## PV2

O número de pancadas, por cada 10 cm de penetração no solo, no ensaio PV2 é apresentado no Quadro 8. Na Figura 9 apresentam-se os valores de N e de Rd obtidos em profundidade no ensaio PV2.

Neste ensaio atingiu-se o ponto de “nega” a uma profundidade de 7,20 m. A nega, muito provavelmente, estará associada à presença de um bloco rochoso àquela profundidade e não ao aumento das características mecânicas do terreno.

**Quadro 8** - Registo de pancadas (N) no PV2.

**Registo do ensaio PV2**

| PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N |
|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|---|
| 0,10  | 5  | 2,10  | 10 | 4,10  | 18 | 6,10  | 14 |       |   |
| 0,20  | 11 | 2,20  | 10 | 4,20  | 15 | 6,20  | 15 |       |   |
| 0,30  | 12 | 2,30  | 13 | 4,30  | 13 | 6,30  | 15 |       |   |
| 0,40  | 13 | 2,40  | 14 | 4,40  | 14 | 6,40  | 10 |       |   |
| 0,50  | 12 | 2,50  | 14 | 4,50  | 16 | 6,50  | 10 |       |   |
| 0,60  | 10 | 2,60  | 15 | 4,60  | 16 | 6,60  | 10 |       |   |
| 0,70  | 8  | 2,70  | 17 | 4,70  | 16 | 6,70  | 9  |       |   |
| 0,80  | 9  | 2,80  | 16 | 4,80  | 14 | 6,80  | 10 |       |   |
| 0,90  | 11 | 2,90  | 16 | 4,90  | 11 | 6,90  | 13 |       |   |
| 1,00  | 12 | 3,00  | 15 | 5,00  | 14 | 7,00  | 10 |       |   |
| 1,10  | 11 | 3,10  | 14 | 5,10  | 17 | 7,10  | 11 |       |   |
| 1,20  | 13 | 3,20  | 12 | 5,20  | 15 | 7,20  | 60 |       |   |
| 1,30  | 13 | 3,30  | 16 | 5,30  | 17 | 7,30  |    |       |   |
| 1,40  | 14 | 3,40  | 15 | 5,40  | 22 |       |    |       |   |
| 1,50  | 16 | 3,50  | 17 | 5,50  | 18 |       |    |       |   |
| 1,60  | 12 | 3,60  | 14 | 5,60  | 18 |       |    |       |   |
| 1,70  | 11 | 3,70  | 13 | 5,70  | 12 |       |    |       |   |
| 1,80  | 10 | 3,80  | 18 | 5,80  | 13 |       |    |       |   |
| 1,90  | 11 | 3,90  | 17 | 5,90  | 15 |       |    |       |   |
| 2,00  | 10 | 4,00  | 21 | 6,00  | 14 |       |    |       |   |

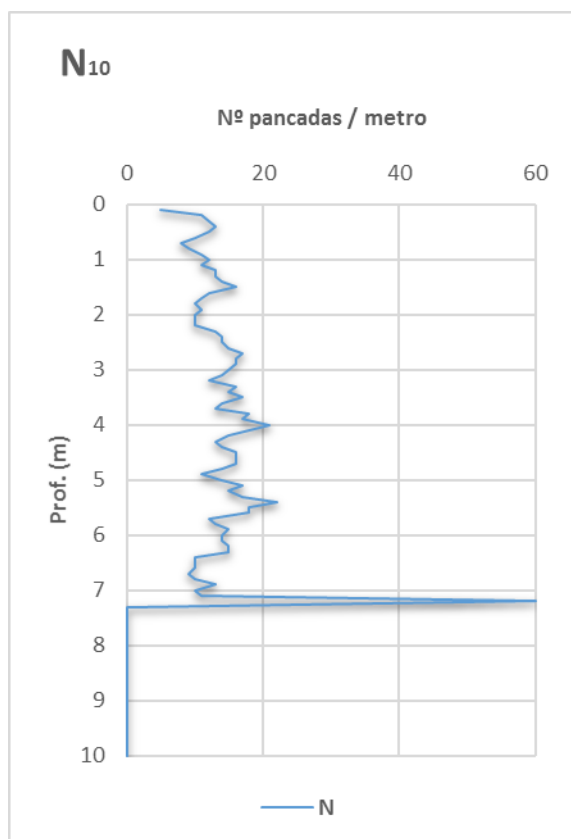


Gráfico 3 - Valores de N - PV2.

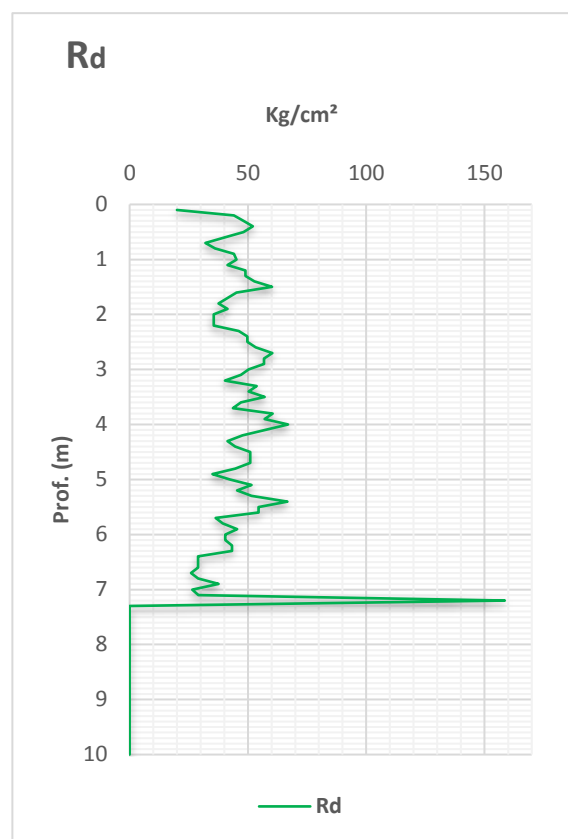


Gráfico 4 - Valores de Rd - PV2.

**Figura 9** - Valores de N e de Rd obtidos em profundidade no ensaio PV2.

Com base na informação obtida pelo ensaio PV2, verifica-se uma uniformidade de valores de N, cuja média foi de 14 pancadas por cada 10 cm de penetração. Este facto indica que a granulometria é essencialmente constituída por areias pomíticas com cascalhos e blocos pomíticos.

### PV3

O número de pancadas, por cada 10 cm de penetração no solo, no ensaio PV3 é apresentado no Quadro 9. Na Figura 10 apresentam-se os valores de N e de Rd obtidos em profundidade no ensaio PV3. Neste ensaio não se atingiu o ponto de “nega”, tendo-se concluído o ensaio aos 8,9 m.

**Quadro 9** - Registo de pancadas (N) no PV3.

#### Registo do ensaio PV3

| PROF. | N    | PROF. | N    | PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N  |
|-------|------|-------|------|-------|----|-------|----|-------|----|
| 0,10  | 2    | 2,10  | 0,33 | 4,10  | 15 | 6,10  | 10 | 8,10  | 12 |
| 0,20  | 0,5  | 2,20  | 0,33 | 4,20  | 14 | 6,20  | 11 | 8,20  | 12 |
| 0,30  | 0,5  | 2,30  | 0,33 | 4,30  | 14 | 6,30  | 15 | 8,30  | 11 |
| 0,40  | 6    | 2,40  | 2    | 4,40  | 14 | 6,40  | 15 | 8,40  | 12 |
| 0,50  | 8    | 2,50  | 1    | 4,50  | 18 | 6,50  | 16 | 8,50  | 12 |
| 0,60  | 8    | 2,60  | 2    | 4,60  | 17 | 6,60  | 15 | 8,60  | 17 |
| 0,70  | 4    | 2,70  | 8    | 4,70  | 18 | 6,70  | 14 | 8,70  | 22 |
| 0,80  | 0,5  | 2,80  | 8    | 4,80  | 17 | 6,80  | 14 | 8,80  | 25 |
| 0,90  | 0,5  | 2,90  | 0,2  | 4,90  | 17 | 6,90  | 12 | 8,90  | 27 |
| 1,00  | 1    | 3,00  | 0,5  | 5,00  | 14 | 7,00  | 13 | 9,00  |    |
| 1,10  | 2    | 3,10  | 1    | 5,10  | 21 | 7,10  | 12 |       |    |
| 1,20  | 4    | 3,20  | 0,67 | 5,20  | 18 | 7,20  | 12 |       |    |
| 1,30  | 2    | 3,30  | 0,67 | 5,30  | 16 | 7,30  | 12 |       |    |
| 1,40  | 2    | 3,40  | 0,67 | 5,40  | 12 | 7,40  | 9  |       |    |
| 1,50  | 2    | 3,50  | 1    | 5,50  | 8  | 7,50  | 9  |       |    |
| 1,60  | 2    | 3,60  | 1    | 5,60  | 8  | 7,60  | 12 |       |    |
| 1,70  | 0,25 | 3,70  | 7    | 5,70  | 7  | 7,70  | 12 |       |    |
| 1,80  | 0,25 | 3,80  | 10   | 5,80  | 9  | 7,80  | 10 |       |    |
| 1,90  | 0,25 | 3,90  | 8    | 5,90  | 8  | 7,90  | 7  |       |    |
| 2,00  | 0,25 | 4,00  | 15   | 6,00  | 9  | 8,00  | 8  |       |    |



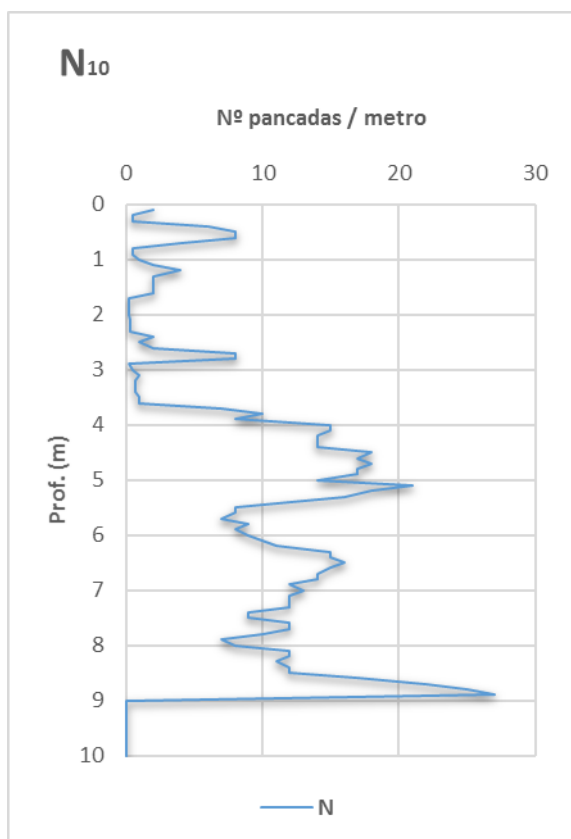


Gráfico 5 - Valores de N – PV3.

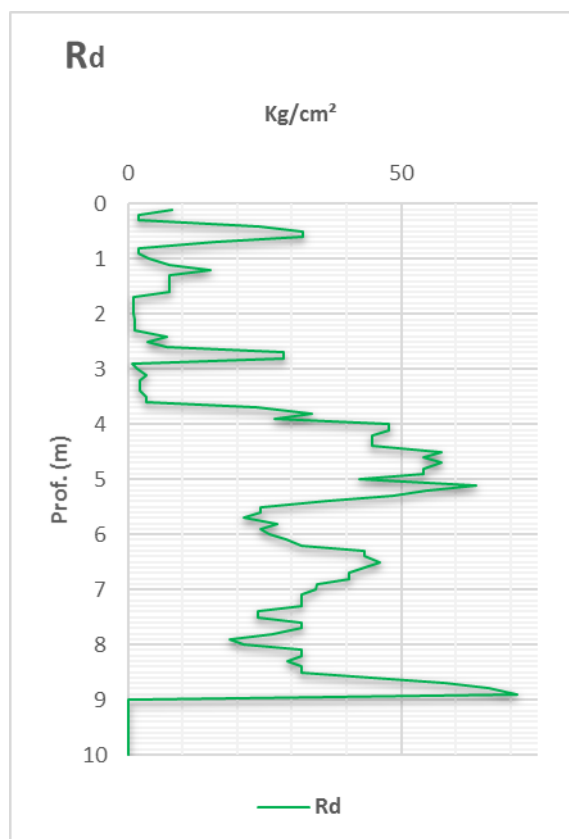


Gráfico 6 - Valores de Rd – PV3.

**Figura 10** - Valores de N e de Rd obtidos em profundidade no ensaio PV3.

Com base na informação obtida pelo ensaio PV3, no N e Rd, e confirmando o observado na vala/poço existente na proximidade do local de ensaio, verifica-se que até uma profundidade aproximada de 3,60 m o terreno existente é de aterro e pouco competente, considerando os baixos valores de N obtidos. Entre os 3,70 m e os 3,90 m observa-se um incremento no numero de N sugerindo a existência de uma fina camada de areias siltosas de natureza pomítica. A partir desta profundidade, e até ao final do ensaio, o N manteve uma média quase constante de 14 pancadas por cada 10 cm de penetração. Este facto indica que a granulometria do solo se alterou para areias, cascalhos e blocos pomíticos, tal como o observado em PV1 e PV2.

## PV4

O número de pancadas, por cada 10 cm de penetração no solo, no ensaio PV4 é apresentado no Quadro 10. Na Figura 11 apresentam-se os valores de N e de Rd obtidos em profundidade no ensaio PV4. Neste caso não se atingiu o ponto de “nega”, tendo-se concluído o ensaio aos 9,0 m.

**Quadro 5-** Registo de pancadas (N) no PV4.

**Registo do ensaio PV4**

| PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N  | PROF. | N  |
|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
| 0,10  | 0  | 2,10  | 13 | 4,10  | 17 | 6,10  | 14 | 8,10  | 17 |
| 0,20  | 3  | 2,20  | 14 | 4,20  | 14 | 6,20  | 11 | 8,20  | 25 |
| 0,30  | 3  | 2,30  | 15 | 4,30  | 10 | 6,30  | 15 | 8,30  | 32 |
| 0,40  | 6  | 2,40  | 15 | 4,40  | 9  | 6,40  | 13 | 8,40  | 28 |
| 0,50  | 9  | 2,50  | 15 | 4,50  | 8  | 6,50  | 9  | 8,50  | 18 |
| 0,60  | 9  | 2,60  | 13 | 4,60  | 7  | 6,60  | 10 | 8,60  | 16 |
| 0,70  | 8  | 2,70  | 12 | 4,70  | 9  | 6,70  | 8  | 8,70  | 16 |
| 0,80  | 10 | 2,80  | 13 | 4,80  | 10 | 6,80  | 8  | 8,80  | 15 |
| 0,90  | 10 | 2,90  | 14 | 4,90  | 12 | 6,90  | 3  | 8,90  | 15 |
| 1,00  | 11 | 3,00  | 14 | 5,00  | 11 | 7,00  | 3  | 9,00  | 5  |
| 1,10  | 8  | 3,10  | 14 | 5,10  | 15 | 7,10  | 3  | 9,10  |    |
| 1,20  | 5  | 3,20  | 13 | 5,20  | 22 | 7,20  | 5  |       |    |
| 1,30  | 3  | 3,30  | 12 | 5,30  | 18 | 7,30  | 8  |       |    |
| 1,40  | 3  | 3,40  | 11 | 5,40  | 18 | 7,40  | 5  |       |    |
| 1,50  | 8  | 3,50  | 8  | 5,50  | 11 | 7,50  | 8  |       |    |
| 1,60  | 9  | 3,60  | 7  | 5,60  | 9  | 7,60  | 7  |       |    |
| 1,70  | 11 | 3,70  | 12 | 5,70  | 12 | 7,70  | 7  |       |    |
| 1,80  | 12 | 3,80  | 17 | 5,80  | 14 | 7,80  | 13 |       |    |
| 1,90  | 11 | 3,90  | 23 | 5,90  | 13 | 7,90  | 12 |       |    |
| 2,00  | 10 | 4,00  | 20 | 6,00  | 13 | 8,00  | 10 |       |    |

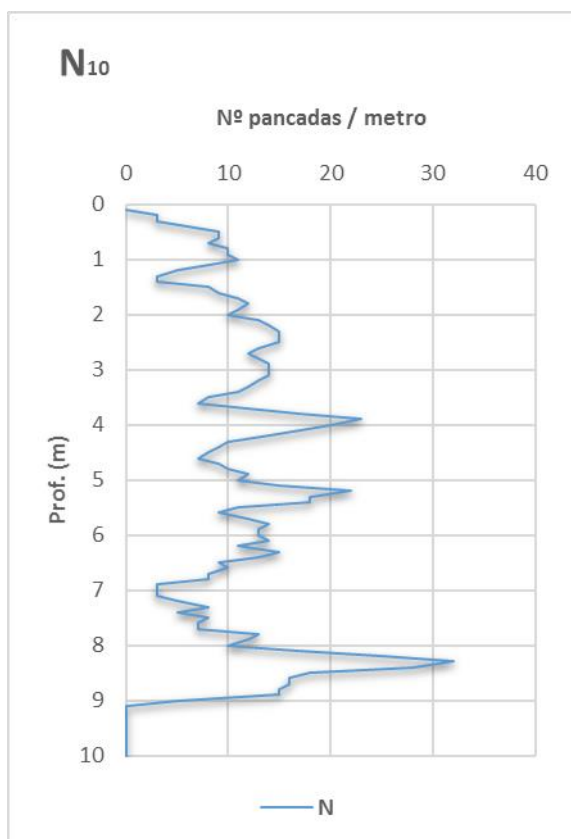


Gráfico 7 - Valores de N – PV4.

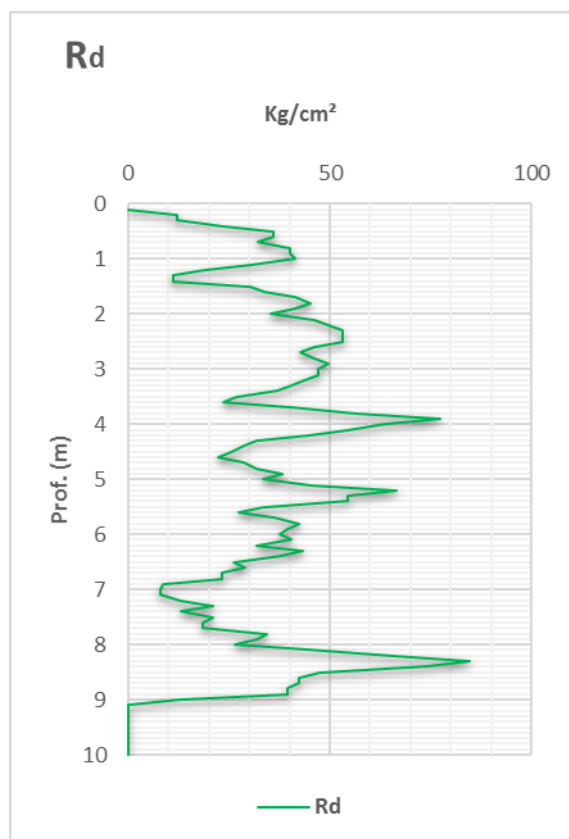


Gráfico 8 - Valores de Rd – PV4.

**Figura 11** - Valores de N e de Rd obtidos em profundidade no ensaio PV4.

Com base na informação obtida no ensaio PV4, verifica-se que neste ponto do terreno, e até a uma profundidade aproximada de 2,00vm, o terreno é constituído por areias siltosas de natureza pomítica dados os baixos valores de N. A partir dos 2,0 m verificou-se um aumento do número de pancadas em profundidade, com 3 patamares de redução do N (entre os 3,30 m e os 3,70 m, entre os 4,30 m e os 5,00 m, e entre os 6,50 m e os 8,00 m). Estas reduções sugerem a intercalação de areias siltosas de natureza pomítica com pedra-pomes.

Apesar dos ensaios realizados com o PDM não permitirem visualizar o material em profundidade, o tipo de registo sugere que são depósitos piroclásticos pomíticos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por solicitação da Direção Regional das Obras Públicas e Comunicações (DROPC), o LREC realizou um estudo geológico e geotécnico dos materiais que fazem parte dos terrenos na zona do Portal do Vento, freguesia de Sete Cidades, concelho de Ponta Delgada, para apoio ao desenvolvimento do projeto para a nova variante à estrada regional ER 9-1ª.

Estando inicialmente prevista a realização de vários poços de reconhecimento nos terrenos de interesse, tal não foi possível por força dos condicionalismos existentes em termos de acessibilidade para equipamentos de prospeção (e.g. sonda de perfuração, retroescavadora). Nesse contexto, foram realizados quatro ensaios DPM para caracterização da resistência dos terrenos em profundidade. Complementarmente foram considerados dois poços de observação (P1 e P2).

Os produtos vulcânicos intersetados nos poços de reconhecimento incluíram: aterro (C1) com pouca expressão, e areias e cascalho pomíticos (pedra-pomes) (C2).

Os ensaios DPM permitiram determinar três tipos de comportamento geotécnico distinto:

- a. O primeiro corresponde, grosso modo, à unidade geológica C2 com características de areias siltosas, cujos valores de resistência de ponta média situaram-se nas 7 pancadas por cada 10 cm de penetração;
- b. O segundo corresponde, grosso modo, à unidade geológica C2, com características de cascalhos e areias misturadas com blocos pomíticos. Estes materiais apresentaram um desempenho superior em termos de resistência do ensaio, com valores de resistência de ponta média de 14 pancadas por cada 10 cm de penetração, tendo-se obtido num dos ensaios, nega à penetração, o que sugere a presença de blocos rochosos, e;
- c. O terceiro que corresponde à unidade geológica C1, aterro artificial, com um desempenho inferior aos anteriores em termos de resistência do ensaio, com

valores de resistência de ponta média de 2 pancadas por cada 10 cm de penetração.

A profundidade máxima atingida nos ensaios foi da ordem dos 9 m, com exceção do ensaio PV2 em que se atingiu 7,30 m, profundidade à qual se obteve uma nega à penetração.

Tendo em consideração a morfologia do terreno, a nova variante irá desenvolver-se em escavação e aterro para o lado sul da vertente. A aplicação de estruturas de contenção / suporte irá mobilizar os terrenos pomíticos descritos, pelo que se recomenda a utilização de elementos de reforço em tais estruturas.

Ponta Delgada, Laboratório Regional de Engenharia Civil, junho de 2018.

AUTORIA



Luís Teixeira

Eng.º Civil

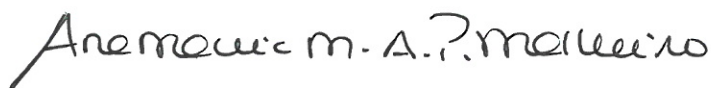


Paulo Alexandre Pimentel Amaral

Doutorado em Geologia, especialidade Vulcanologia

VISTOS

A Diretora de Serviços de  
Geotecnia e Prospeção



Ana Maria Mota Albergaria P. Malheiro

O Diretor do LREC



Francisco de Sousa Fernandes

## BIBLIOGRAFIA

- Amaral, P. A., Marques, F. M., & Moniz, L. d. (2016). *LREC/DSGP – RELATÓRIO 111/2016*. Ponta Delgada, Açores: LREC.
- FERNANDES, M. D. (1995). *Mecânica dos solos* (Vol. II). Porto: FEUP.
- GROUP, C. (2008). *16-T0013/E - PENETROMETRO DINAMICO - INSTRUCTION MANUAL*.
- Ministério Habitação, O. P. (25 de Janeiro de 1983). RSA - Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes. *Decreto-Lei nº 235/83*.
- Moniz, L. d., & Marques, F. M. (2017). *LREC/DSGP – RELATÓRIO 11/2017*. Ponta Delgada: LREC.
- Moniz, L. d., Amaral, P. A., Marques, F. M., & Malheiro, A. M. (16º Congresso Nacional de Geotecnia 2016). *Contribuição para a caracterização de parâmetros de resistência ao corte de produtos vulcânicos por ensaios de compressão triaxial*. Universidade do Porto: FEUP.
- NP EN 1998-1:2010 – Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos. *Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios*. (s.d.).
- Teixeira, L. M., & Amaral, P. A. (2017). *LREC/DSGP – RELATÓRIO 94/2017*. Ponta Delgada: LREC.
- Teixeira, L. M., Amaral, P. A., Malheiro, A. M., & Marques, F. M. (2017). *LREC/DSGP – RELATÓRIO 65/2017*. Ponta Delgada: LREC.