



**ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIÁRIOS
DA OBRA DE FOMENTO HIDROAGRÍCOLA
DO BAIXO MONDEGO**

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO BAIXO MONDEGO

MODERNIZAÇÃO DO REGADIO PRECÁRIO DO PRANTO I



PROJETO DE EXECUÇÃO

PARTE 11 – RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

VOLUME 11.1 – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

NOVEMBRO 2019



ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIARIOS DA OBRA DE FOMENTO HIDROAGRICOLA DO BAIXO MONDEGO

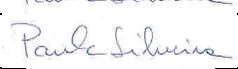
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO BAIXO MONDEGO

MODERNIZAÇÃO DO REGADIO PRECÁRIO DO PRANTO I

PROJETO DE EXECUÇÃO

PARTE 11 – RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

VOLUME 11.1 – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Documento nº	40404-PE-1101-ME(1)	Data:	15-04-2019
	Nome	Função	Assinatura
Elaborado	DTF/PSS	Especialistas	
Verificado	PSS	Responsável Técnico da Especialidade	
Aprovado	CJR/MJC	Chefe de Projeto/Coordenador	

Registo de Revisões:

Revisão	Data	Elaborado	Verificado	Aprovado	Descrição
1	30/11/2019	DTF/PSS	PSS	CJR/MJC	Edição após a revisão do projeto

ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIARIOS DA OBRA DE FOMENTO HIDROAGRICOLA DO BAIXO MONDEGO

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO BAIXO MONDEGO

MODERNIZAÇÃO DO REGADIO PRECÁRIO DO PRANTO I

PROJETO DE EXECUÇÃO

ÍNDICE DE VOLUMES

PARTE 1 - ADUTOR DIREITO DO PRANTO E DISTRIBUIDOR DO MARNOTO

- Volume 1.1 – Memória Descritiva e Justificativa
- Volume 1.2 – Peças Desenhadas
- Volume 1.3 – Medições
- Volume 1.4 – Lista de Preços
- Volume 1.5 – Caderno de Encargos
- Volume 1.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 2 – REDE DE REGA DO CAMPO DO CONDE

- Volume 2.1 – Memória Descritiva e Justificativa
- Volume 2.2 – Peças Desenhadas
- Volume 2.3 – Medições
- Volume 2.4 – Lista de Preços
- Volume 2.5 – Caderno de Encargos
- Volume 2.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 3 – REDE VIÁRIA E REDE DE DRENAGEM DO CAMPO DO CONDE

- Volume 3.1 – Memória Descritiva e Justificativa
- Volume 3.2 – Peças Desenhadas
- Volume 3.3 – Medições
- Volume 3.4 – Lista de Preços
- Volume 3.5 – Caderno de Encargos
- Volume 3.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 4 – NIVELAMENTO PARA ADAPTAÇÃO DO TERRENO AO REGADIO E À REESTRUTURAÇÃO FUNDIÁRIA DO CAMPO DO CONDE

- Volume 4.1 – Memória Descritiva e Justificativa
- Volume 4.2 – Peças Desenhadas

Volume 4.3 – Medições
Volume 4.4 – Lista de Preços
Volume 4.5 – Caderno de Encargos
Volume 4.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 5 – ENSECADEIRA NO RIO PRANTO

Volume 5.1 – Memória Descritiva e Justificativa
Volume 5.2 – Peças Desenhadas
Volume 5.3 – Medições
Volume 5.4 – Lista de Preços
Volume 5.5 – Caderno de Encargos
Volume 5.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 6 – CIRCUITO HIDRÁULICO DA QUINTA DO SEMINÁRIO

Volume 6.1 – Memória Descritiva e Justificativa
Volume 6.2 – Peças Desenhadas
Volume 6.3 – Medições
Volume 6.4 – Lista de Preços
Volume 6.5 – Caderno de Encargos
Volume 6.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 7 – AÇUDE DO CASENHO

Volume 7.1 – Memória Descritiva e Justificativa
Volume 7.2 – Peças Desenhadas
Volume 7.3 – Medições
Volume 7.4 – Lista de Preços
Volume 7.5 – Caderno de Encargos
Volume 7.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 8 – AÇUDE DO CASAL DA ROLA

Volume 8.1 – Memória Descritiva e Justificativa
Volume 8.2 – Peças Desenhadas
Volume 8.3 – Medições
Volume 8.4 – Lista de Preços
Volume 8.5 – Caderno de Encargos
Volume 8.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 9 – TELEGESTÃO

Volume 9.1 – Memória Descritiva e Justificativa
Volume 9.2 – Peças Desenhadas
Volume 9.3 – Medições
Volume 9.4 – Lista de Preços
Volume 9.5 – Caderno de Encargos

Volume 9.6 – Estimativa Orçamental

PARTE 10 – PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE E COMPILAÇÃO TÉCNICA

Volume 10.1 – Plano de Segurança e Saúde

Volume 10.2 – Compilação Técnica

PARTE 11 – RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Volume 11.1 – Memória Descritiva e Justificativa

Volume 11.2 – Anexos

Volume 11.3 – Peças Desenhadas

PARTE 12 – ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL DOS PROJETOS DE EXECUÇÃO DO ADUTOR DIREITO DO PRANTO, DO DISTRIBUIDOR DO MARNOTO E DO EMPARCELAMENTO RURAL DO CAMPO DO CONDE

Volume 12.1 – Relatório Técnico

Volume 12.2 – Peças Desenhadas

Volume 12.3 – Anexos

Volume 12.4 – Resumo não Técnico

Volume 12.5 – Gestão Ambiental da Obra

ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIÁRIOS DA OBRA DE FOMENTO HIDROAGRÍCOLA DO BAIXO MONDEGO

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO BAIXO MONDEGO

MODERNIZAÇÃO DO REGADIO PRECÁRIO DO PRANTO I

PROJETO DE EXECUÇÃO

PARTE 11 – RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

VOLUME 11.1 – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	2
2.1 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO	2
2.2 LITOSTRATIGRAFIA.....	3
2.3 HIDROGEOLOGIA	5
2.3.1 Sistemas Hidrogeológicos	5
2.4 ESTRUTURA E TECTÓNICA.....	6
3 PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA E ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....	8
3.1 PERFIS DE REFRACÇÃO SÍSMICA.....	10
3.2 SONDAGENS MECÂNICAS DE FURAÇÃO	14
3.3 ENSAIOS “IN SITU”	21
3.3.1 Ensaios de Penetração Dinâmica do Tipo SPT (“Standard Penetration Test”)	21
3.3.2 Ensaios de permeabilidade tipo Lefranc.....	23
3.3.3 Ensaios de corte rotativo ou molinete (“Vane Test”).....	24
3.4 ENSAIO DE PENETRAÇÃO ESTÁTICA - CPTU	28
3.5 POÇOS DE RECONHECIMENTO.....	30
3.6 ENSAIOS DE LABORATÓRIO	37
3.6.1 Amostras em solos	37
3.6.2 Amostras de água	63

4	PARÂMETROS ADOPTADOS	64
5	TERRAPLENAGENS	66
5.1.1	Decapagem	66
5.1.2	Escavabilidade	66
5.1.3	Inclinação dos taludes de escavação (provisórios)	66
5.1.4	Implantação das condutas	67
6	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	68
7	ENSECADEIRA	73
7.1	INTRODUÇÃO	73
7.2	RECONHECIMENTO DO LOCAL	73
7.3	CONDIÇÕES DE CONTENÇÃO E FUNDAÇÃO	74
7.4	CAMPANHA DE PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA COMPLEMENTAR	75
8	AÇUDE DO CASENHO	76
8.1	INTRODUÇÃO	76
8.2	RECONHECIMENTO DO LOCAL	77
8.3	CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO	78
9	AÇUDE DO CASAL DA ROLA	78
9.1	INTRODUÇÃO	78
9.2	RECONHECIMENTO DO LOCAL	79
9.3	CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Unidades litológicas ocorrentes na área em estudo	4
Quadro 2.2 – Aceleração máxima de referência de projeto a_{gR} (m/s ²) nas várias zonas sísmicas	8
Quadro 2.3 – Tipos de terreno (de acordo com EC8)	8
Quadro 3.1 – Tipo de trabalhos de prospeção geotécnica realizados	9
Quadro 3.2 – Tipo de ensaios de laboratório realizados	10
Quadro 3.3 - Resumo dos resultados dos perfis de refração sísmica	12
Quadro 3.4 - Resumo das principais características das sondagens	15
Quadro 3.5 - Síntese da análise dos resultados obtidos nas sondagens mecânicas de furação	20
Quadro 3.6 - Classificação de areias relativamente à compacidade	21
Quadro 3.7 - Classificação de argilas relativamente à consistência	21

Quadro 3.8 – Resumo dos resultados dos ensaios “Lefranc”	23
Quadro 3.9 – Resumo dos resultados dos ensaios de corte rotativo ou molinete (“Vane Test”)	25
Quadro 3.10 – Resumo dos resultados dos ensaios de penetração estática (CPTu).....	28
Quadro 3.11 - Resumo das principais características dos poços de reconhecimento	31
Quadro 3.12 - Síntese da análise dos resultados obtidos nos poços de prospeção.....	37
Quadro 3.13 – Resumo dos resultados dos ensaios de identificação, teor em água, densidade das partículas sólidas e classificação geotécnica	39
Quadro 3.14 - Resumo dos resultados dos ensaios e classificação geotécnica, em termos de formação geológica	48
Quadro 3.15 - Resumo dos resultados dos ensaios de compactação Proctor normal	53
Quadro 3.16 - Resumo dos resultados dos ensaios de corte direto	56
Quadro 3.17 - Resumo dos resultados dos ensaios edométricos.....	56
Quadro 3.18– Resumo dos resultados dos ensaios de permeabilidade em permeâmetro.....	58
Quadro 3.19 – Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização das amostras sujeitas a ensaios triaxiais	59
Quadro 3.20 – Resumo dos resultados dos ensaios triaxiais	62
Quadro 3.21– Resumo dos resultados dos ensaios de laboratório sobre amostras de água.....	63
Quadro 3.22– Avaliação da agressividade do meio.....	64
Quadro 4.1 – Parâmetros geotécnicos adotados.....	65
Quadro 5.1 - Inclinação dos taludes provisórios para implantação das condutas	66
Quadro 5.2 - Largura mínima das valas.....	67
Quadro 6.1 - Resumo dos resultados dos ensaios de identificação, teor em água e classificação geotécnica.....	69
Quadro 6.2 - Resumo dos resultados dos ensaios de compactação Modificado.....	71
Quadro 7.1 - Trabalhos de Prospeção Geotécnica.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Representação tridimensional do vale aluvionar do rio Pranto.....	3
Figura 2.2 – Zonamento sísmico do território nacional de acordo com o Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1:2010	7
Figura 3.1 - Variação do nº de pancadas do ensaio SPT com a profundidade.....	22
Figura 3.2 - Classificação da permeabilidade (adaptado de Terzaghi & Peck, 1967).....	24
Figura 3.3 - Variação da resistência ao corte de pico (c_u máx) e residual (c_u res) com a profundidade	26

Figura 3.4 - Classificação em termos de resistência ao corte não drenado de solos finos (EN ISO 14688-2).....	26
Figura 3.5 - Classificação quanto à sensibilidade das argilas à remoldagem de acordo com Skempton & Northey (1952), Rosenquist (1953) e Norsk Geoteknisk Forening (1974) apud Torrance (1983), respetivamente	27
Figura 3.6 - Curvas granulométricas dos solos ocorrentes na zona em estudo	44
Figura 3.7 - Ábaco de plasticidade de Casagrande	45
Figura 3.8 - Distribuição da percentagem de finos (% passada no # 200) e limites de consistência dos depósitos aluvionares.....	46
Figura 3.9 - Distribuição dos valores do teor em água natural , W_{nat}	47
Figura 3.10 - Distribuição dos valores da densidade das partículas sólidas, G_s	47
Figura 3.11 – Classificações Unificada (ASTM) e Rodoviária (AASHTO) da unidade a_0	49
Figura 3.12 – Classificações Unificada (ASTM) e Rodoviária (AASHTO) da unidade a_2	49
Figura 3.13 – Classificações Unificada (ASTM) e Rodoviária (AASHTO) da unidade a_3	50
Figura 3.14 – Classificações Unificada (ASTM) e Rodoviária (AASHTO) da unidade a_4	50
Figura 3.15 – Distribuição dos solos em função da atividade da fração argilosa de acordo com Skempton (1953)	51
Figura 3.16 – Distribuição dos solos em função da atividade da fração argilosa pela Carta de Van Der Merwe modificada por Williams & Donaldson (1980)	52
Figura 3.17 – Classificação do potencial de expansão do solo em função da relação entre a percentagem de argila e a atividade (Holts and Kovacs, 1981).....	52
Figura 3.18 - Distribuição dos solos em função da variação da percentagem de finos com o teor em água ótimo e com a baridade seca máxima e o teor em água ótimo versus baridade seca máxima.	54
Figura 3.19 - Curvas de compactação dos ensaios Proctor normal	54
Figura 3.20 - Classificação dos solos quanto à permeabilidade (adaptado de Terzaghi & Peck, 1967)	59
Figura 3.21 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC1 aos 2,4 m -3,0 m de profundidade.....	60
Figura 3.22 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC3 aos 3,0 m -3,6 m de profundidade.....	60
Figura 3.23 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC7 aos 2,0 m -2,6 m de profundidade.....	61
Figura 3.24 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC10 aos 3,0 m -3,6 m de profundidade.....	61

Figura 3.25 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC13 aos 2,0 m -2,6 m de profundidade.	61
Figura 3.26 – Gráficos de trajetória de tensões referente aos três provetes de cada ensaio triaxial (da esquerda para a direita e de cima para baixo – PC1, PC3, PC7, PC10 e PC13).....	62
Figura 6.1 - Curvas granulométricas.....	69
Figura 6.2 - Distribuição dos valores do teor em água natural , W_{nat}	70
Figura 6.3 - Distribuição dos solos em função da variação da percentagem de finos com o teor em água ótimo e com a baridade seca máxima e o teor em água ótimo versus baridade seca máxima	71
Figura 6.4 - Curvas de compactação dos ensaios Proctor Modificado	72

ANEXOS

- Anexo 1. Sondagens Mecânicas
- Anexo 2. Poços de Prospeção
- Anexo 3. Perfis Sísmicos de Refração
- Anexo 4. Ensaio CPTU
- Anexo 5. Ensaio Vane Test
- Anexo 6. Ensaio LeFranc
- Anexo 7. Ensaio Laboratoriais sobre Amostras de Solo
- Anexo 8. Ensaio Laboratoriais sobre Amostras de Água

LISTA DE DESENHOS

Número	Título
40404-PE-1103-DE-001	- Geologia e Geotecnia. Legenda
40404-PE-1103-DE-101	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 0+000 a 0+700
40404-PE-1103-DE-102	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 0+700 a 1+400
40404-PE-1103-DE-103	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 1+400 a 2+100
40404-PE-1103-DE-104	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 2+100 a 2+800
40404-PE-1103-DE-105	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 2+800 a 3+500
40404-PE-1103-DE-106	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 3+500 a 4+200
40404-PE-1103-DE-107	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 4+200 a 4+900
40404-PE-1103-DE-108	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 4+900 a 5+600
40404-PE-1103-DE-109	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 5+600 a 6+300
40404-PE-1103-DE-110	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 6+300 a 7+000

Número	Título
40404-PE-1103-DE-111	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 7+000 a 7+700
40404-PE-1103-DE-112	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 7+700 a 8+400
40404-PE-1103-DE-113	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 8+400 a 9+100
40404-PE-1103-DE-114	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 9+100 a 9+800
40404-PE-1103-DE-115	- Geologia e Geotecnia. Adutor Direito do Pranto. Planta e perfil longitudinal. Km's 9+800 a 9+931
40404-PE-1103-DE-201	- Geologia e Geotecnia. Distribuidor do Marnoto. Planta e perfil longitudinal. Km's 0+000 a 0+700
40404-PE-1103-DE-202	- Geologia e Geotecnia. Distribuidor do Marnoto. Planta e perfil longitudinal. Km's 0+700 a 0+873
40404-PE-1103-DE-331	- Geologia e Geotecnia. Ensecadeira no Rio Pranto. Implantação e Corte
40404-PE-1103-DE-431	- Geologia e Geotecnia. Açude do Casenho. Implantação e Corte
40404-PE-1103-DE-531	- Geologia e Geotecnia. Açude do Casal da Rola. Implantação e Corte

MODERNIZAÇÃO DO REGADIO PRECÁRIO DO PRANTO I

PROJETO DE EXECUÇÃO

PARTE 11 – RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

VOLUME 11.1 – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1 INTRODUÇÃO

O presente volume diz respeito ao estudo geológico e geotécnico do Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego, elaborado a nível de Reformulação do Projeto de Execução do Adutor Direito do Pranto e do Distribuidor do Marnoto e após adjudicação pela **Associação de Beneficiários da Obra de Fomento Hidroagrícola do Baixo Mondego (ABOFHBM)** da Prestação de Serviços para “**Modernização do Regadio Precário do Pranto I**”. Este aproveitamento desenvolve-se ao longo do rio Mondego numa área total de cerca de 15 000 ha e numa extensão de aproximadamente 40 km, incluindo as margens dos principais afluentes do Mondego.

O estudo geológico-geotécnico tem por objetivo abordar aspetos relacionados com a geologia e geomorfologia do Aproveitamento Hidroagrícola, descrever as diferentes campanhas de prospeção geotécnica realizadas e fornecer uma caracterização geotécnica da área do estudo, bem como a caracterização da natureza e origem de materiais de construção (solos e rochas) através de ensaios laboratoriais.

A elaboração do presente estudo compreendeu os seguintes aspetos iniciais:

- i. Recolha e análise bibliográfica de elementos existentes sobre a área em estudo;
- ii. Reconhecimento geológico de superfície da área do aproveitamento;
- iii. Análise e interpretação da informação geotécnica disponível, incluindo os trabalhos de prospeção geotécnica e ensaios realizados no “Projeto de Execução do Adutor Direito do Pranto e do Distribuidor do Marnoto” (COBA, 2006), assim como as “Notas Técnicas”, elaborados na fase de estudos anterior;
- iv. Não obstante a informação disponível, houve necessidade de completar a caracterização geológico-geotécnica do local com recurso à realização de uma campanha de prospeção geotécnica e ensaios de laboratório específicos, visando obter determinados elementos de informação necessários ao desenvolvimento deste estudo.

Com base na análise desta informação, apresenta-se no presente volume as principais características das diferentes formações geológicas interessadas (geomorfologia, litoestratigrafia, hidrogeologia, estrutura e tectónica e caracterização sísmológica), seguida da descrição e interpretação dos resultados dos trabalhos de prospeção geotécnica e ensaios de laboratório realizados.

No final do volume apresenta-se a caracterização, em termos geológico-geotécnicos, do local de implantação do aproveitamento (em termos de condições de fundação, escavabilidade e permeabilidade), assim como da ensecadeira e dos açudes do Casenho e Casal da Rola (em termos de condições de fundação e escavabilidade), bem como de outros locais da região (pedreiras e empréstimos), visando a utilização dos materiais ocorrentes na obra.

Faz parte deste volume um conjunto de anexos, onde se incluem os boletins dos trabalhos de prospeção e dos ensaios de laboratório realizados quer no Projeto de Execução do Adutor Direito do Pranto, do Distribuidor do Marnoto (COBA, 2006), quer na atual fase de estudos.

Não obstante a importante informação disponível, houve necessidade de completar a caracterização geológico-geotécnica do local com recurso à realização de uma campanha de prospeção geotécnica específica, cujos resultados se apresentam em capítulo próprio.

2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

2.1 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

A área da infraestrutura localiza-se na Orla Meso-Cenozoica, na planície aluvionar do rio Pranto, designadamente na sua margem direita.

No local da obra ocorrem depósitos aluvionares de idade quaternária, que bordejam e cobrem um substrato de natureza detrítica de idades paleogénica/miocénica e cretácica, constituindo estes materiais de substrato o flanco ocidental do Anticlinal de Verride.

Os depósitos aluvionares são constituídos nos seus níveis superiores por argilas e siltes orgânicos (lodos), areias finas a muito finas, normalmente lodosas e areias de granulometria fina e média a grosseira, por vezes com seixo pequeno rolado. O substrato ocorrente sob as aluviões a profundidade variável e aflorante a nascente do alinhamento do Adutor do Pranto, é constituído por formações paleogénicas/miocénicas e cretácicas, com composição essencialmente detrítica, designadamente, arenitos, argilitos e margas.

A profundidade do substrato sob as aluviões aumenta com o afastamento ao bordo de contacto com o substrato aflorante, bem como nas zonas de aproximação a braços afluentes do Rio Pranto, também eles com depósitos aluvionares.

Este bloco do Baixo Mondego é atravessado pelo rio Pranto, que lhe dá o nome, e por várias valas com a função de rega e drenagem. As principais valas que o atravessam são a Vala Grande, a Vala da Galegoa e a Vala Real.

A geomorfologia da área em estudo é fortemente influenciada pelas litologias presentes, nomeadamente pela sua composição química e mineralógica, estado de alteração e grau de fracturação, bem como pelo sistema estrutural ocorrente e pelo modo de formação e instalação das formações.

O Vale do Pranto é uma zona aluvionar com cerca de 1300 ha, possuindo cotas variáveis entre cerca de 1 e 3 m, bordejada por áreas de relevo mais acentuado, nomeadamente a nascente, no bordo próximo à implantação da obra, em que confina com o Anticlinal de Verride (Figura 2.1). O Vale do Pranto caracteriza-se, de um modo geral, por possuir declives suaves que aumentam, sobretudo, nas encostas adjacentes às linhas de água afluentes do rio Pranto.

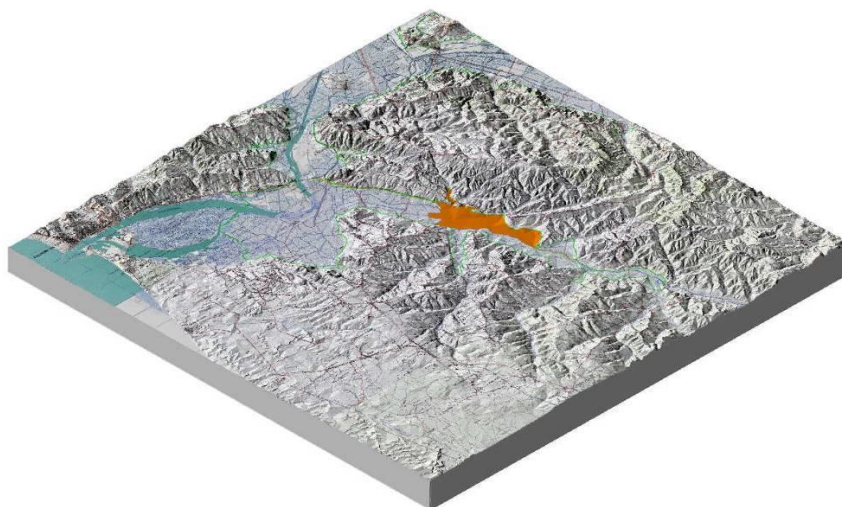


Figura 2.1 - Representação tridimensional do vale aluvionar do rio Pranto

2.2 LITOSTRATIGRAFIA

Com base na Carta Geológica e nos trabalhos de prospeção na área de implantação da obra foram identificadas as seguintes unidades geológicas:

✓ Aluviões (Cenozoico ou Holocénico) – (a)

As aluviões estão presentes na área de estudo, ao longo do leito do rio Pranto, e nas suas margens. Os depósitos aluvionares são constituídos por areias, lodos e cascalheiras e também estão presentes ao longo do leito dos afluentes do rio Pranto.

✓ Depósitos de terraço (Pleistocénico) – (Q)

São constituídos essencialmente por areias e cascalheiras com algumas intercalações argilosas e correspondem a terraços de cota 25-40 m (Q³) e 8-20 m (Q⁴). A sua espessura, conhecida a Norte da área de estudo entre Montemor-o-Velho e Vila Verde, varia entre 8 m e cerca de 20 m. Na área de estudo estes depósitos estão presentes no sector norte, ao longo de cinco afloramentos no lugar de Alqueidão e arredores, bem como a Sul de Moinho do Almoxarife. No sector central, no lugar de Talhada e a sudoeste do lugar de Vinha da Rainha. No sector sul localiza-se o afloramento destes depósitos que apresenta maior extensão na área de estudo, entre Louriçal e Vala da Encosta, destacando-se também os afloramentos da margem direita desta linha de água.

✓ Formação argilo-gresosa da N^a Sr.^a do Bom Sucesso (Paleogénico e Miocénico Indiferenciados) – (ØM)

Corresponde a um conjunto de depósitos de origem continental composto por alternâncias de grés argiloso, por vezes conglomerático, argilas e alguns níveis margosos com concreções calcárias. São ainda conhecidas pequenas intercalações de calcários margosos. Esta formação ocorre em mancha na zona da Quinta do Seminário.

✓ Arenitos e Argilas de Taveiro (Mesozoico, Cretácico) – (C⁵)

Trata-se essencialmente de arenitos finos a grosseiros, conglomeráticos, argilas e argilitos, em geral vermelho-rosados. Estas litologias afloram próximo dos lugares de Vinha da Rainha e Porto Godinho.

✓ Arenitos finos de Lousões (Mesozoico, Cretácico) – (C⁴)

Correspondem a uma série arenítica, constituída, de baixo para cima, por areias de grão médio a grosseiro, de tonalidades vermelhas, areias de grão fino avermelhadas e areias muito finas com muita moscovite. Esta formação está presente no sector sudeste da área de estudo, num estreito afloramento entre a formação anterior (Arenitos e Argilas de Taveiro) e o ribeiro de Pedrogão e no extremo norte, num pequeno afloramento a sul de Moinhos de Almocharife.

✓ Calcários Apinhoados de Costa de Arnes (Mesozoico, Cretácico) – (C²⁻³)

Esta formação corresponde, de modo geral, a uma sequência de arenitos, por vezes com níveis argilosos intercalados, calcários compactos e calcários margosos apinhoados. Está representada num afloramento de forma alongada entre Moinhos de Almocharife e Pedrogão.

✓ Arenitos do Carrascal (Mesozoico, Cretácico) – (C¹⁻²)

Assente em discordância sobre as formações do Jurássico, esta formação ocorre relativamente próxima à zona em estudo, no flanco Ocidental do Anticlinal de Verride, paralelamente à formação C²⁻³ dos Calcários Apinhoados de Costa de Arnes. É constituída essencialmente por arenitos finos a grosseiros, mais ou menos argilosos, e por argilas, em geral, arenosas. Do ponto de vista granulométrico, a formação apresenta uma diminuição no calibre dos grãos, da base para o topo.

Após análise e interpretação da informação geotécnica disponível, incluindo os trabalhos de prospeção geotécnica e ensaios realizados dos trabalhos de prospeção realizados, organizaram-se as litologias ocorrentes do modo indicado no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Unidades litológicas ocorrentes na área em estudo

Idade	Simbologia	Descrição	
Holocénico	At	Depósitos de aterro	Silte argiloso a argila siltosa, castanha, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado
	Tv/Co	Terra vegetal	Silte argiloso a argila siltosa, castanha escura, com matéria orgânica
	a₀	Depósitos aluvionares	Lodo cinzento escuro a negro, por vezes com passagens areno-lodosas a arenosas e fragmentos de conchas
	a₁		Areia fina a muito fina, esbranquiçada a cinzenta e amarela ou avermelhada, normalmente lodosa e por vezes com fragmentos de conchas dispersos e pontualmente com seixo rolado
	a₂		Areia média, média a fina e grosseira a média, amarela e castanha avermelhada a cinzenta, por vezes silto-argilosa e algo lodosa, com seixo e calhaus rolados dispersos e pontualmente com níveis micáceos
	a₃		Areia grosseira e grosseira a média, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados, cinzenta a castanha clara, por vezes algo silto-argilosa e lodosa
	a₄		Argila siltosa e silte argiloso, castanho a cinzento, com abundantes níveis alaranjados a avermelhados, por vezes com fração arenosa e seixo disperso
Paleogénico e Miocénico Indiferenciados	ØM₁	Arenitos subcompactados	
	ØM₂	Argilitos subconsolidados	
Cretácico	C₁	Arenitos e arenitos carbonatados e calcários	
	C₂	Argilitos	
	C₃	Margas	

2.3 HIDROGEOLOGIA

Em termos hidrogeológicos, o nível freático ocorre a pequena profundidade, sendo dependente da cota do nível de água na bacia, dado que, na situação limite, parte dos terrenos aluvionares se encontra sazonalmente alagada. Relativamente à natureza dos depósitos aluvionares, verifica-se que os níveis de composição silto-argilosa apresentam permeabilidade muito reduzida, exibindo os níveis de natureza arenosa permeabilidade mais elevada, que podem, sobretudo os de maior continuidade, possuir capacidade drenante.

Os sistemas aquíferos presentes funcionam nas aluviões como aquífero, livre a confinado/semi-confinado, poroso e multicamada. Nas formações de substrato, o subsistema Cretácico é essencialmente poroso, de produtividade média, multicamada, livre a confinado.

Na área em estudo, mais concretamente nas formações cretácicas, situam-se três nascentes de águas minerais (Rocha, *et al*, 1981):

- Nascente de Bicanho – é uma exsurgência em calcário lacustre com caudal da ordem de 4,5 l/s, apresenta uma natureza bicarbonatada cálcica e cloretada, de temperatura da ordem de 28°C;
- Nascente de Banhos da Azenha – é uma água cloretada e bicarbonatada que sai de calcários cretácicos, com temperatura de 27°C e caudal de cerca de 123 m³/dia;
- Nascente de Amieira (Banhos de Amieira) – é uma água bicarbonatada cálcica e cloretada, com temperatura da ordem de 26°C e com caudal de 46 l/s.

2.3.1 Sistemas Hidrogeológicos

Na área de estudo identificaram-se, segundo a Classificação dos Sistemas Aquíferos de Portugal Continental (INAG, 1997), três sistemas aquíferos designados por “Aluviões do Mondego”, “Figueira da Foz-Gesteira” e “Sistema Multiaquífero do Lourical”, que é constituído, em parte, por formações do sistema aquífero “Figueira da Foz-Gesteira”.

Descrevem-se, em seguida, as principais características destes sistemas aquíferos, bem como de outras formações com algum interesse hidrogeológico.

Sistema aquífero “aluviões do Mondego”

Este sistema aquífero é constituído por uma alternância de níveis lodosos e arenosos, considerando-se um sistema poroso, multicamada e semi-cativo. A recarga deste sistema dá-se pela infiltração direta da água das chuvas, escoamento superficial das encostas, cursos de água e descarga subterrânea dos aquíferos adjacentes (INAG, 1997)

Os depósitos aluvionares presentes na área de estudo correspondem, de uma forma geral, a terrenos com permeabilidade elevada, com níveis aquíferos de pequena profundidade e com circulação intergranular, originando caudais de extração muito variáveis (Rocha *et al.*, 1981).

Sistema multiaquífero “Figueira da Foz-Gesteira”

As formações do Cretácico, presentes no sector NE da área de estudo, inserem-se no sistema aquífero designado por “Figueira da Foz-Gesteira”. Este sistema aquífero é constituído essencialmente pelas formações de “Arenitos do Carrascal” e “Calcários Apinhoados de Costa de Ames”. Trata-se de um aquífero poroso, em multicamada, livre a confinado, com

espessuras que podem atingir 273 m. O sistema é alimentado por recarga direta e as fácies hidroquímicas variam entre a clorética sódica e bicarbonatada calco-sódica e as fácies mistas.

Sistema multiaquífero do Lourçal

Como referido no plano de Bacia Hidrográfica do Rio Mondego (DRAOT-CENTRO, 1999), foi identificado e caracterizado um sistema aquífero designado por “Sistema Multiaquífero do Lourçal”, onde se individualizam três subsistemas aquíferos sobrepostos: o Subsistema Plio-quadernário, o Subsistema Miocénico e o Subsistema Cretácico, sendo os dois últimos interessados pela obra.

O Subsistema Cretácico compreende, de baixo para cima, as formações de “Arenitos do Carrascal”, “Calcários Apinhoados de Costa de Arnes”, “Arenitos Finos de Lousões” e “Arenitos e Argilas de Taveiro”, que constituem o topo do subsistema, juntamente com as formações do Paleogénico/Miocénico. As formações produtivas correspondem às três primeiras e o seu conjunto pode atingir espessuras superiores a 200 m.

Este subsistema aquífero é de produtividade média, essencialmente poroso, constituído por materiais detríticos de textura muito variável e estrutura lenticular. As camadas de natureza argilosa separam as várias unidades aquíferas e dão um carácter multicamada ao sistema aquífero. Devido à variabilidade da composição granulométrica, as características hidráulicas variam significativamente de local para local.

As direcções de fluxo de escoamento preferenciais são para o mar no subsistema Cretácico e para os cursos de água mais próximos nas aluviões.

Assim, tendo em conta o posicionamento das captações (Bicanho, Amieira e Banhos da Azenha) no flanco do Anticlinal de Verride, junto ao bordo da aluvião, e dadas as cotas de desenvolvimento do projeto e o carácter provisório das escavações para a implantação do adutor, não é expectável a interferência da obra com as captações existentes, tanto no que se refere à quantidade como à qualidade das águas.

2.4 ESTRUTURA E TECTÓNICA

Do ponto de vista estrutural os depósitos aluvionares apresentam estes terrenos uma disposição horizontal ou sub-horizontal. No entanto, refere-se, que estes depósitos podem apresentar, por vezes, variações verticais e laterais, com passagens bruscas em termos de composição e textura, o que origina uma disposição irregular e níveis descontínuos.

A carta geológica da Figueira da Foz à escala 1/50 000, datada de 1981, não assinala qualquer falha no vale aluvionar do Rio Pranto.

Já a Carta Neotectónica de Portugal Continental de 1/1 000 000 de 1988 assinala a zona do vale aluvionar do Rio Pranto como zona de falha de desligamento provável.

Segundo o quadro da tectónica de placas, Portugal encontra-se inserido na placa Eurasiática, relativamente próximo da fratura Açores - Gibraltar que constitui fronteira entre aquela placa e a placa Africana. Deste modo, Portugal pertence à subplaca ibérica, separada da restante área continental europeia pela cadeia pirenaica.

As placas Americana e Eurasiática estão divididas pelo Rift (Dorsal) do Médio Atlântico Norte, onde domina, maioritariamente, uma geodinâmica caracterizada pela expansão das placas referidas e, em grande parte, responsável pela

sismicidade da região dos Açores. Daqui deriva, em direção a Gibraltar prosseguindo pelo Mar Mediterrâneo, a falha Açores - Gibraltar.

Os sismos que afetam o território nacional têm duas fontes de geração distintas:

- Sismicidade interplaca - associada à fronteira das placas Eurasiática e Africana, gerada na Zona de fratura Açores - Gibraltar, com registo de sismos de magnitudes elevadas (1755 e 1969);
- Sismicidade intraplaca - associada a movimentos ao longo de estruturas de ressonância no interior da placa Eurasiática resultantes da acumulação de tensões e desenvolvimento de deformações, originando sismos de magnitudes moderadas (1909).

De acordo com o estipulado na norma NP EN 1998-1:2010 e no respetivo Anexo Nacional NA, a zona em estudo insere-se nas subzonas sísmicas 1.5 e 2.4, por afetação simultânea do território com perturbações dinâmicas com origem interplacas e intraplacas, respetivamente (Figura 2.2).

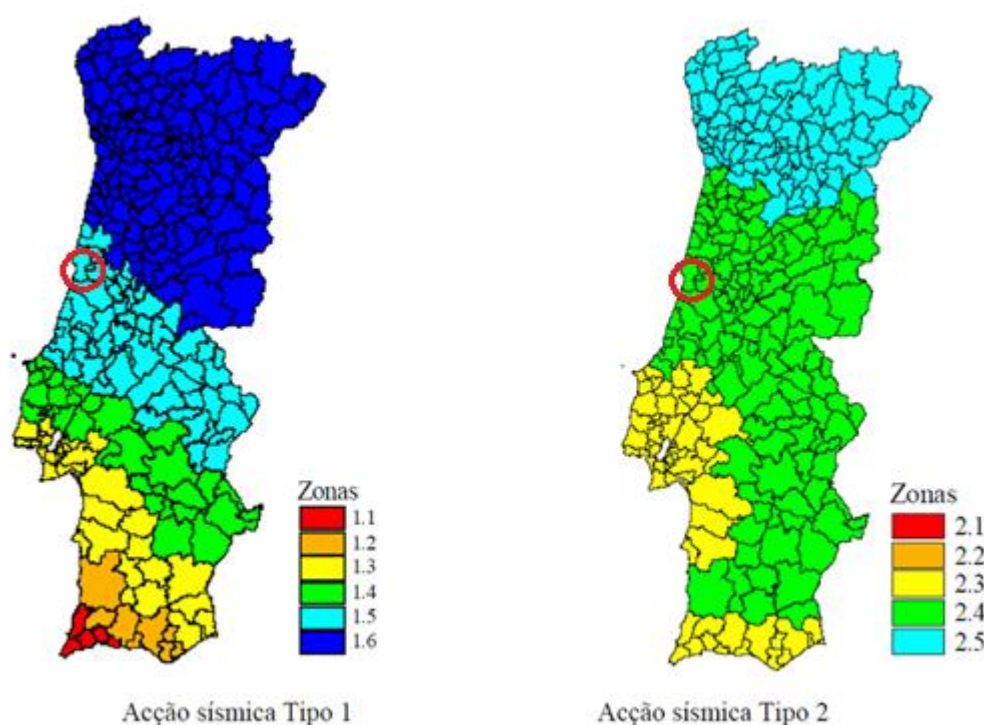


Figura 2.2 – Zonamento sísmico do território nacional de acordo com o Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1:2010

Os valores da aceleração máxima de referência de projeto, para cada uma das zonas sísmicas em função dos dois tipos de atividade sísmica a considerar, são os indicados no Quadro 2.2, estando assinaladas a sombreado cinzento os valores a considerar para a área em análise.

Quadro 2.2 – Aceleração máxima de referência de projeto a_{gR} (m/s²) nas várias zonas sísmicas

Ação sísmica Tipo 1 (afastada)		Ação sísmica Tipo 2 (próxima)	
Zona Sísmica	a_{gR} (m/s ²)	Zona Sísmica	a_{gR} (m/s ²)
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
1.3	1,5	2.3	1,7
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	---	---

Para a definição dos espectros de resposta elásticos a utilizar em cada Zona Sísmica, o EC8 considera os tipos de terrenos indicados no Quadro 2.3:

Quadro 2.3 – Tipos de terreno (de acordo com EC8)

Tipo de terreno	Descrição do perfil litoestratigráfico	$V_{s,30}$ [m/s]	N_{SPT}	C_u [kPa]
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície	>800	---	---
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade	360 – 800	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de v_s do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5 m e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com v_s >800 m/s	---	---	---
S ₁	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10 m de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade (IP > 40) e um elevado teor em água	< 180 (indicativo)	-	10 – 20
S ₂	Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou S ₁	---	---	---

De acordo com o reconhecimento e prospeção geológica e geotécnica realizada, verifica-se que ocorrem, essencialmente, terrenos aluvionares do tipo E.

3 PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA E ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Neste capítulo descrevem-se os trabalhos de prospeção geotécnica e ensaios de laboratório realizados e analisam-se os resultados obtidos, com o objetivo de caracterizar do ponto de vista geológico-geotécnico e hidráulico os terrenos a interessar pelo Aproveitamento Hidroagrícola e fundamentar as decisões de projeto.

O plano dos trabalhos de prospeção geotécnica foi elaborado tendo em consideração os trabalhos realizados nos estudos anteriores, o tipo de terrenos ocorrentes na região em que se insere o estudo, o tipo de parâmetros geotécnicos essenciais para uma adequada caracterização das formações a interessar e as características das obras.

Foram ainda considerados no presente estudo, os trabalhos de prospeção realizados no Projeto de Execução do Adutor Direito do Pranto, do Distribuidor do Marnoto (COBA, 2006).

No Quadro 3.1 apresenta-se uma síntese dos trabalhos de prospeção geotécnica considerados no presente estudo, indicando-se o tipo de trabalhos, a fase de estudos, a localização e as respetivas quantidades.

Quadro 3.1 – Tipo de trabalhos de prospeção geotécnica realizados

Trabalhos de prospeção	Adutor Direito do Pranto		Distribuidor do Marnoto		Ensecadeira no Rio Pranto	Açude do Casenho	Açude do Casal da Rola	Zona de empréstimo eventual (PE, 2006)	Total
	PE (2006)	Reform. PE	PE (2006)	Reform. PE					
Perfis de refração sísmica	12	---	---	---	---	---	---	---	12
Sondagens mecânicas de furação	5	1	---	1	2	1	2	---	12
	94,75	12,05	---	18,24	44,31	16,93	32,39	---	218,67
Ensaios de penetração dinâmica do tipo SPT (<i>“Standard Penetration Test”</i>)	61	8	---	12	29	11	21	---	142
Ensaios de permeabilidade do tipo Lefranc	---	2	---	4	---	4	6	---	16
Ensaios de corte rotativo (<i>Vane Test</i>)	9	4	---	3	---	---	---	---	16
Ensaios CPTu	12	---	1	---	---	---	---	---	13
Colheita de amostras indeformadas em poços	---	16	---	---	---	---	---	---	16
Colheita de amostras indeformadas em sondagens	8	---	---	---	---	---	---	---	8
Colheita de amostras remexidas	36	19	1	1	1	1	1	4	64
Poços de prospeção	20	17	1	1	1	1	1	---	42

Para além dos trabalhos de campo, atrás descritos, foram ainda considerados um conjunto de ensaios de laboratório. No Quadro 3.2 indica-se o tipo de ensaios, a fase de estudos, a localização e as respetivas quantidades.

Quadro 3.2 – Tipo de ensaios de laboratório realizados

Ensaio de laboratório	Adutor Direito do Pranto		Distribuidor do Marnoto		Ensecadeira no Rio Pranto	Açude do Casenho	Açude do Casal da Rola	Zona de empréstimo eventual (PE, 2006)	Total
	PE (2006)	Reform. PE	PE (2006)	Reform. PE					
Solos									
Análise granulométrica	44	19	1	1	1	1	1	4	72
Análise granulométrica por sedimentação	28	14	---	1	1	1	---	---	45
Densidade das partículas	28	14	---	1	1	1	---	---	45
Limites de consistência	44	19	1	1	1	1	1	4	72
Teor em água	45	10	1	3	1	1	1	4	66
Compactação Proctor Modificado	---	---	---	---	---	---	---	4	4
Compactação Proctor normal	---	8	---	---	---	---	---	---	8
Ensaio de corte direto	6	---	---	---	---	---	---	---	6
Ensaio de consolidação - edométrico	8	---	---	---	---	---	---	---	8
Ensaio de compressão triaxial	---	5	---	---	---	---	---	---	5
Permeabilidade em permeâmetro	---	11	---	---	---	---	---	---	11
Águas									
Características químicas da água (inclui pH, dureza, condutividade elétrica, valores de CO ² , NH ⁺⁴ , S ₀₂ ⁻⁴ , CL ⁻ : Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Fe ³⁺ , Fe ²⁺)	---	1	---	1	1	1	1	---	5

Refere-se que a localização de alguns dos trabalhos do plano de prospeção foi condicionada por difíceis condições do terreno e acessos, pelo que houve necessidade de proceder a pequenos ajustes, ou seja, tiveram que ser realizados com algum desvio do local das obras. No entanto, pelo facto de interessarem as mesmas formações geológicas, revelaram-se úteis para a compreensão do modelo geológico-geotécnico em presença.

Todos estes trabalhos de prospeção foram executados pela GEOCONTROLE, entre janeiro e março de 2019 e foram designados acrescentando um C (de prospeção complementar): as sondagens por SC e os poços por PC.

A localização dos todos os trabalhos realizados (inclusive do “Projeto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”, 2006) figura no conjunto de peças desenhadas deste volume, sendo constituídas por plantas e perfis longitudinais e transversais geológicos e geotécnicos.

Os gráficos e boletins individuais relativos aos resultados dos trabalhos de campo e ensaios de laboratório (inclusive os do “Projeto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”, 2006) figuram no tomo dos Anexos deste volume.

3.1 PERFIS DE REFRACÇÃO SÍSMICA

A prospeção geofísica considerada foi realizada em 2006, no âmbito do “Projeto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”, e consistiu na execução de perfis de refração sísmica localizados ao longo do traçado do adutor e do distribuidor.

Os perfis de refração sísmica foram realizados com 60 m de comprimento e três pontos de tiro, ou seja, um em cada extremo do perfil (no sentido direto e inverso) e outro ao centro, tendo-se utilizado um equipamento de 12 geofones, distanciados entre si de 5 m. Estes perfis permitiram investigar até profundidades da ordem de 15-20 m.

Para cada perfil traçaram-se as respetivas dromocrónicas (curvas tempo-distância) e definiram-se os diferentes horizontes sísmicos em termos de velocidades de propagação das ondas sísmicas longitudinais.

No Quadro 3.3 resumem-se os principais resultados de 12 perfis de refração sísmica interessados pelo traçado atual do adutor e distribuidor.

Quadro 3.3 - Resumo dos resultados dos perfis de refração sísmica

Perfil de refração sísmica nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Formação geológica interpretada				Profundidade tiro direto - tiro inverso (m)		V _p média (m/s)
							mínima	máxima	
PS 1	Adutor Direito do Pranto	0+045	At	a ₀	---	---	0,0 - 0,0	5,0 - 4,0	< 1000
			a ₀	a ₁	---	---	5,0 - 4,0	18,0 - 9,0	1000 a 2000
			a ₂	---	---	---	> 18,0 - 9,0	---	> 2000
PS 2	Adutor Direito do Pranto	0+666	a ₀	a ₄	---	---	0,0 - 0,0	8,0 - 7,5	< 1000
			a ₂	---	---	---	8,0 - 7,5	13,0 - 14,0	1000 a 2000
			C ₁	---	---	---	> 13,0 - 14,0	---	> 2000
PS 3	Adutor Direito do Pranto	1+572	a ₂	a ₄	---	---	0,0 - 0,0	6,0 - 8,0	< 1000
			a ₂	---	---	---	6,0 - 8,0	17,0 - 18,0	1000 a 2000
			a ₂	C ₃	---	---	17,0 - 18,0	---	> 2000
PS 4	Adutor Direito do Pranto	2+000	a ₃	a ₄	---	---	0,0 - 0,0	8,0 - 6,5	< 1000
			a ₂	---	---	---	8,0 - 6,5	(?) - (?)	1000 a 2000
			C ₃	---	---	---	> (?) - (?)	---	> 2000
PS 5	Adutor Direito do Pranto	3+110	a ₀	a ₂	a ₄	---	0,0 - 0,0	4,0 - 8,0	< 1000
			a ₀	a ₃	---	---	4,0 - 8,0	22,0 (?) - 11,0	1000 a 2000
			C ₁	---	---	---	> 22,0 (?) - 11,0	---	> 2000
PS 6	Adutor Direito do Pranto	5+017	a ₀	a ₃	a ₄	---	0,0 - 0,0	9,0 - 10,0	< 1000
			a ₁	---	---	---	9,0 - 10,0	15,0 - 15,0	1000 a 2000
			a ₂	a ₃	---	---	> 15,0 - 15,0	---	> 2000
PS 7	Adutor Direito do Pranto	5+865	a ₀	a ₂	a ₄	---	0,0 - 0,0	10,0 - 10,0	< 1000
			C ₃	---	---	---	> 10,0 - 10,0	---	> 1000

Perfil de refração sísmica nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Formação geológica interpretada				Profundidade tiro direto - tiro inverso (m)		V _p média (m/s)
							mínima	máxima	
PS 9	Adutor Direito do Pranto	0+745	a ₀	---	---	---	0,0 - 0,0	12,0 - 11,0	< 1000
			ØM ₁	---	---	---	12,0 - 11,0	22,0 - (?)	1000 a 2000
			C ₁	---	---	---	> 22,0 - (?)	---	> 2000
PS 10	Adutor Direito do Pranto	7+522	a ₄	---	---	---	0,0 - 0,0	4,0 - 4,0	< 1000
			a ₀	---	---	---	4,0 - 4,0	20,0 - (?)	1000 a 2000
			C ₃	---	---	---	> 20,0 - (?)	---	> 2000
PS 11	Adutor Direito do Pranto	8+270	a ₀	a ₁	a ₂	a ₄	0,0 - 0,0	7,0 - 17,0	< 1000
			C ₃	---	---	---	7,0 - 17,0	(?) - (?)	1000 a 2000
			---	---	---	---	> (?) - (?)	---	> 2000
PS 12	Adutor Direito do Pranto	8+895	a ₀	a ₄	---	---	0,0 - 0,0	11,0 - 13,0	< 1000
			a ₁	---	---	---	> 11,0 - 13,0	---	> 1000
PS 13	Adutor Direito do Pranto	9+900	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	0,0 - 0,0	8,0 - 7,0	< 1000
			ØM ₂	---	---	---	8,0 - 7,0	(?) - (?)	1000 a 2000
			---	---	---	---	> (?) - (?)	---	> 2000

NOTAS: V_p - Velocidade das ondas sísmicas longitudinais

Geologia: HOLOCÉNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grosseira e grosseira a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS: **ØM₁** - Arenitos subconsolidados; **ØM₂** - Argilitos subconsolidados. CRETÁCICO: **C₁** - Arenito e arenitos carbonatados e calcários; **C₃** - Margas

Da observação dos resultados dos perfis de refração sísmica, verifica-se que:

- a espessura dos horizontes sísmicos é, em geral, descontínua e variável, tanto em profundidade, como lateralmente, admitindo-se que tal facto se poderá ficar a dever à variação de fácies;
- os perfis sísmicos apresentam valores relativamente baixos de velocidades de propagação das ondas sísmicas longitudinais até profundidades relativamente elevadas, o que se supõe indicar uma espessura significativa dos depósitos aluvionares;
- refere-se ainda que não foi possível relacionar os valores das velocidades de propagação das ondas sísmicas longitudinais com as unidades geológicas.

Apresentam-se no tomo dos Anexos os respetivos boletins individuais com as dromocrónicas dos perfis de refração sísmica e a respetiva interpretação por modelos inversos, sob a forma de tomografia sísmica. A localização e interpretação destes trabalhos está ainda representada nas peças desenhadas.

3.2 SONDAGENS MECÂNICAS DE FURAÇÃO

Foram executadas 7 sondagens mecânicas de furação (SC1 a SC7) ao longo do eixo de adutor e do distribuidor e no local de implantação dos açudes do Casenho e do Casal da Rola, e da ensecadeira. Estes trabalhos visaram reconhecer e caracterizar os terrenos ocorrentes, de modo a avaliar a sua escavabilidade e características hidráulicas, bem como a resistência e capacidade de suporte dos terrenos de fundação das obras a construir.

Durante a furação ao longo de todas as sondagens foram realizados quer ensaios de penetração dinâmica SPT-Terzaghi, espaçados de 1,50 m ou quando ocorreu mudança de litologia. Foram ainda realizados, em algumas sondagens, ensaios de permeabilidade do tipo Lefranc (solos) e ensaios de corte rotativo ou molinete ("Vane Test").

Foram ainda consideradas 5 sondagens (S1 a S5) realizadas entre agosto e setembro de 2004, no âmbito do "Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto". Apesar da S5 se encontrar a cerca de 50 m do fim do traçado do atual do adutor, esta foi representada nos desenhos, por se considerar como representativa do local.

A informação obtida no decurso da realização das sondagens está resumida no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 - Resumo das principais características das sondagens

Sond. nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profund. atingida pela sondagem (m)	Nível de água (m)	Espessura de aterro / solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos atravessados nas sondagens			
							Profundidade (m)	Formação geológica interpretada	Descrição e resultados de ensaios SPT (N _{SPT})	Profundidade: N _{SPT} (valor da penetração da 2ª fase (cm) ou 1ª fase)
S 1	Adutor Direito do Pranto	0+050	25,95	2,0	2,0	> 23,95	0,0 - 0,4	Tv/Co	Terra vegetal	---
							0,4 - 2,0	At	Aterro argilo-siltoso	1,5m: 3 (30)
							2,0 - 9,0	a ₀	Lodo argiloso, algo micáceo	3m: 4 (30); 4,5m: 1 (30); 6m: 4 (30); 7,5m: 6 (30)
							9,0 - 19,5	a ₁	Areia média, lodosa, com níveis de grão grosseiro	9m: 13 (30); 10,5m: 16 (30); 12m: 18 (30); 13,5m: 26 (30); 15m: 22 (30); 16,5m: 26 (30); 18m: 28 (30)
							19,5 - 22,5	a ₂	Areia média a grosseira, algo siltosa	19,5m: 40 (30); 21m: 38 (30)
							22,5 - 25,95	a ₃	Areia grosseira a média, algo siltosa	22,5m: 44 (30); 24m: 52 (30); 25,5m: 42 (30)
S 2	Adutor Direito do Pranto	1+565	13,55	3,0	3,0	7,5	0,0 - 0,4	Tv/Co	Terra vegetal	---
							0,4 - 3,0	At	Aterro argilo-siltoso com restos vegetais	1,5m: 6 (30)
							3,0 - 10,5	a ₂	Areia média, algo siltosa, com níveis de grão fino	3m: 27 (30); 4,5m: 32 (30); 6m: 15 (30); 7,5m: 1 (1ª fase); 9m: 2 (30)
							10,5 - 13,55	C ₃	Marga arenosa	10,5m: 60 (11); 12m: 60 (6); 13,5m: 60 (5)
S 3	Adutor Direito do Pranto	5+078	26,00	4,5	2,5	> 23,5	0,0 - 2,5	At	Aterro areno-siltoso	1,5m: 3 (30)
							2,5 - 15,0	a ₀	Lodo argiloso, algo micáceo	3m: 1 (30); 4,5m: 2 (30); 6m: 4 (30); 7,5m: 4 (30); 9m: 1 (30); 10,5m: 9 (30); 12m: 6 (30); 13,5m: 14 (30)
							15,0 - 16,5	a ₁	Areia média, siltosa e algo lodosa	15m: 18 (30)
							16,5 - 21,0	a ₂	Areia média, siltosa	16,5m: 27 (30); 18m: 24 (30); 19,5m: 28 (30)

Sond. nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profund. atingida pela sondagem (m)	Nível de água (m)	Espessura de aterro / solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos atravessados nas sondagens			
							Profundidade (m)	Formação geológica interpretada	Descrição e resultados de ensaios SPT (N _{SPT})	Profundidade: N _{SPT} (valor da penetração da 2ª fase (cm) ou 1ª fase)
							21,0 - 26,0	a₃	Areia média a grosseira, siltosa	21m: 42 (30); 22,5m: 44 (30); 24m: 52 (30); 25,5m: 51 (30)
S 4	Adutor Direito do Pranto	6+485	15,40	3,0	4,0	8,0	0,0 - 4,0	At	Aterro areno-argiloso, com restos vegetais e materiais diversos	1,5m: 3 (30); 3m: 2 (30)
							4,0 - 8,5	a₀	Lodo argiloso, algo micáceo	4,5m: 2 (30); 7,5m: 1 (1ª fase)
							8,5 - 12,0	a₂	Areia média a grosseira, algo siltosa	8,5m: 1 (1ª fase); 9m: 40 (30); 10,5m: 37 (30)
							12,0 - 13,5	C₂	Argilito	12m: 60 (10)
							13,5 - 15,4	C₁	Arenito de grão médio, algo argiloso	13,5m: 60 (26); 15m: 60 (25)
S 5	Adutor Direito do Pranto	10+000	13,85	1,0	0,4	5,6	0,0 - 0,4	Tv/Co	Terra vegetal	---
							0,4 - 3,0	a₂	Areia média a grosseira	1,5m: 8 (30)
							3,0 - 4,5	a₀	Lodo argiloso	3m: 1 (1ª fase)
							4,5 - 6,0	a₂	Areia (?)	4,5m: 7 (30)
							6,0 - 7,5	C₁	Arenito de grão médio	6m: 50 (30)
							7,5 - 10,5	C₂	Argilito com passagens de níveis e nódulos arenosos	7,5m: 55 (30); 9m: 39 (30)
							10,5 - 13,85	C₁	Arenito de grão médio a grosseiro	10,5m: 60 (23); 12m: 60 (18); 13,5m: 60 (20)
SC 1	Adutor Direito do Pranto	3+595	12,05	1,1	0,6	6,9	0,0 - 0,60	At	Silte arenoso com matéria orgânica e com seixos dispersos	---
							0,60 - 7,5	a₀	Silte lodoso, micáceo	1,5m: 4 (30); 3m: 4 (30); 4,5m: 7 (30); 6m: 10 (30)

Sond. nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profund. atingida pela sondagem (m)	Nível de água (m)	Espessura de aterro / solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos atravessados nas sondagens			
							Profundidade (m)	Formação geológica interpretada	Descrição e resultados de ensaios SPT (N _{SPT})	Profundidade: N _{SPT} (valor da penetração da 2ª fase (cm) ou 1ª fase)
							7,5 - 12,05	C ₁	Arenito carbonatado, micáceo, friável	7,5m: 49 (30); 9m: 60 (5); 10,5m: 60 (1ª fase); 12m: 60 (1ª fase)
SC 2	Distribuidor do Marnoto	0+822	18,24	2,8	3,5	5,5	0,0 - 3,5	At	Silte areno-argiloso com matéria orgânica	1,5m: 4 (30); 3m: 7 (30)
							3,5 - 6,0	a ₀	Argila silto-lodosa, algo micácea	4,5m: 4 (30)
							6,0 - 9,0	a ₀	Silte lodoso, algo arenoso, com restos coníferos	6m: 4 (30); 7,5m: 6 (30)
							9,0 - 13,0	ØM ₁	Areia fina, siltosa, com níveis finos silto-argilosos e algum seixo graúdo disperso no topo	9m: 51 (30); 10,5m: 47 (30); 12m: 47 (30)
							13,0 - 15,0	ØM ₁	Areia grosseira, com seixo de calibre variável e níveis finos argilo-siltosos	13,5m: 56 (30)
							15,0 - 18,24	C ₁	Silte areno-argiloso	15m: 60 (15); 16,5m: 60 (13); 18m: 60 (9)
SC 3	Açude do Casal da Rola	---	16,94	3,2	2,0	8,5	0,0 - 2,0	At	Areia de granulometria variável, siltosa, com seixo e pequenos fragmentos líticos e restos vegetais dispersos no topo	1,5m: 2 (30)
							2,0 - 7,5	a ₁	Areia fina, silto-argilosa com seixo fino disperso	3m: 4 (30); 4,5m: 5 (30); 6m: 11 (30)
							7,5 - 10,5	a ₃	Areia grosseira "lavada" com seixo fino, com níveis finos silto-lodosos no topo	7,5m: 13 (30); 9m: 24 (30)
							10,5 - 13,5	ØM ₁	Areia siltosa, com seixo disperso de calibre variável	10,5m: 36 (30); 12m: 42 (30)
							13,5 - 19,94	ØM ₁	Areia fina, muito silto-argilosa, micácea	13,5m: 60 (30); 15m: 60 (28); 16,5m: 60 (29)

Sond. nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profund. atingida pela sondagem (m)	Nível de água (m)	Espessura de aterro / solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos atravessados nas sondagens			
							Profundidade (m)	Formação geológica interpretada	Descrição e resultados de ensaios SPT (N _{SPT})	Profundidade: N _{SPT} (valor da penetração da 2ª fase (cm) ou 1ª fase)
SC 4	Açude do Casal da Rola	---	15,45	3,6	2,5	3,5	0,0 - 2,5	At	Areia de granulometria variável, siltosa, muito argilosa na base	1,5m: 2 (30)
							2,5 - 6,0	a ₄	Argila siltosa, algo arenosa	3m: 2 (30); 4,5m: 4 (30)
							6,5 - 10,0	ØM ₁	Areia fina, muito siltosa e algo micácea	6m: 22 (30); 7,5m: 29 (30); 9m: 20 (30)
							10,5 - 15,45	ØM ₂	Argila siltosa, com seixo disperso de calibre variável	10,5m: 23 (30); 12m: 60 (30); 13,5m: 60 (28); 15m: 60 (30)
SC 5	Açude do Casenho	---	16,93	1,2	0,5	13,0	0,0 - 0,5	Tv/Co	Areia fina, siltosa, com restos vegetais	---
							0,5 - 3,0	a ₁	Areia fina, algo siltosa	1,5m: 5 (30)
							3,0 - 4,5	a ₁	Areia muito silto-argilosa	3m: 7 (30)
							4,5 - 5,5	a ₁	Areia muito fina a fina, muito siltosa	4,5m: 4 (30)
							5,5 - 13,5	a ₄	Argila siltosa, com passagens arenosas na base	6m: 9 (30); 7,5m: 17 (30); 9m: 18 (30); 10,5m: 15 (30); 12m: 28 (30)
							13,5 - 15,0	ØM ₂	Argila siltosa, algo arenosa	13,5m: 60 (30)
							15,0 - 16,93	ØM ₁	Areia média a grosseira, algo siltosa, com algum seixo disperso	15m: 60 (30); 16,5m: 60 (28)
SC 6	Ensecadeira	---	21,42	6,0	5,8	> 15,6	0,0 - 0,1	At	Camada de agregado britado ("tout-venant")	---
							0,1 - 5,8	At	Areia fina e média, siltosa, com fragmentos líticos e seixo e calhau	1,5m: 17 (30); 3m: 17 (30); 4,5m: 6 (30)

Sond. nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profund. atingida pela sondagem (m)	Nível de água (m)	Espessura de aterro / solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos atravessados nas sondagens			
							Profundidade (m)	Formação geológica interpretada	Descrição e resultados de ensaios SPT (N _{SPT})	Profundidade: N _{SPT} (valor da penetração da 2ª fase (cm) ou 1ª fase)
							5,8 - 8,2	a₀	Silte lodoso, levemente argiloso, micáceo, com restos conquíferos na base	6m: 2 (30); 7,5m: 2 (30)
							8,2 - 10,0	a₂	Areia média a grossa, levemente siltosa, com seixos e restos conquíferos abundantes	9m: 28 (30)
							10,0 - 21,42	a₁	Areia muito fina e fina, siltosa, micáceo, com restos conquíferos	10,5m: 49 (30); 12m: 44 (30); 13,5m: 48 (30); 15m: 54 (30); 16,5m: 59 (30); 18m: 60 (30); 19,5m: 60 (25); 21m: 60 (27)
SC 7	Ensecadeira	---	22,89	3,0	3,0	> 19,9	0,0 - 3,0	At	Argila siltosa, micáceo, com restos vegetais no topo	1,5m: 3 (30)
							3,0 - 4,8	a₀	Silte areno-lodoso, fortemente micáceo, com alguns restos vegetais dispersos	3m: 3 (30)
							4,8 - 22,89	a₂	Areia muito fina a fina, siltosa, micáceo, com restos conquíferos, por vezes muito abundantes	4,5m: 12 (30); 6m: 22 (30); 7,5m: 30 (30); 9m: 36 (30); 10,5m: 33 (30); 12m: 33 (30); 13,5m: 26 (30); 15m: 22 (30); 16,5m: 36 (30); 18m: 60 (30); 19,5m: 60 (30); 21m: 60 (25); 22,5m: 60 (24)

Geologia: HOLOCÉNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **Tv** - Silte argiloso a argila siltosa, com matéria orgânica (Terra vegetal); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grossa a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grossa e grossa a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS: **ØM₁** - Arenitos subconsolidados; **ØM₂** - Argilitos subconsolidados. CRETÁCICO: **C₁** - Arenito e arenitos carbonatados e calcários; **C₂** - Argilitos; **C₃** - Margas

À data da realização das sondagens entre agosto e setembro de 2004 foi detetada a presença de água em todas as sondagens entre 1,0 (S5) e 4,5 m (S3) de profundidade. Já nas sondagens realizadas em fevereiro de 2019 foi detetado o nível de água entre 1,1 (SC1) e 6,0 m (SC7) realizadas no adutor e ensecadeira, respetivamente.

A profundidade das sondagens variou entre 12,05 (SC1) e 26,00 m (S3) e a espessura dos depósitos aluvionares entre 3,5 na SC4 e 23,95 na S1.

No Quadro 3.5 faz-se a síntese dos resultados obtidos nas sondagens mecânicas de furação em termos de formação geológica e para cada obra.

Quadro 3.5 - Síntese da análise dos resultados obtidos nas sondagens mecânicas de furação

Localização	Formação geológica	Descrição de campo	Espessura (mínima - máxima) (m)	Profundidade de ocorrência (mínima - máxima) (m)	Nível de água (m)
Adutor e distribuidor	At	Areia silto-argilosa	--- - 4,0	0,0 - 4,0	1,0 - 4,5
	Tv/Co	Terra vegetal	--- - 0,4	0,0 - 0,4	
	a₀	Lodo argiloso	1,5 - 12,5	0,6 - 15,0	
	a₁	Areia média, lodosa	1,0 - 10,5	9,0 - 19,5	
	a₂	Areia média a grosseira, siltosa	1,5 - 7,5	0,4 - 22,5	
	a₃	Areia média a grosseira, siltosa	3,45 - 5,0	21,0 - 26,0	
	C₁	Arenito de grão médio	1,5 - 4,55	6,0 - 15,4	
	C₂	Argilito	1,5 - 3,0	7,5 - 13,5	
	C₃	Marga arenosa	--- - 3,05	10,5 - 13,55	
Açude do Casal da Rola	At	Areia de granulometria variável, siltosa	--- - 2,5	0,0 - 2,5	3,2 - 3,6
	a₁	Areia fina, silto-argilosa	--- - 5,5	2,0 - 7,5	
	a₃	Areia grosseira, com seixo fino	--- - 3,0	7,5 - 10,5	
	a₄	Areia grosseira "lavada" com seixo fino	--- - 3,5	2,5 - 6,0	
	ØM₁	Areia fina, muito siltosa	3,0 - 6,45	6,5 - 19,95	
	ØM₂	Argila siltosa	--- - 4,95	10,5 - 15,45	
Açude do Casenho	Tv/Co	Areia fina, siltosa	--- - 0,5	0,0 - 0,5	--- - 1,2
	a₁	Areia muito silto-argilosa	1,0 - 2,5	0,5 - 5,5	
	a₄	Argila siltosa	--- - 2,5	5,5 - 13,5	
	ØM₁	Areia média a grosseira, algo siltosa	--- - 1,95	15,0 - 16,93	
	ØM₂	Argila siltosa	--- - 1,5	13,5 - 15,0	
Ensecadeira	At	Aterro	0,1 - 5,7	0,0 - 5,8	3,0 - 6,0
	a₀	Silte areno-lodoso, muito micáceo	1,8 - 2,4	3,0 - 8,2	
	a₁	Areia muito fina a fina, siltosa, micácea	10,5 - 19,1	3,8 - 22,89	
	a₂	Areia média a grosseira	--- - 1,8	8,2 - 10,0	

Geologia: HOLOCÉNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **Tv** - Silte argiloso a argila siltosa, com matéria orgânica (Terra vegetal); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grosseira e grosseira a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. **PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS:** **ØM₁** - Arenitos subconsolidados; **ØM₂** - Argilitos subconsolidados. **CRETÁCICO:** **C₁** - Arenito e arenitos carbonatados e calcários; **C₂** - Argilitos; **C₃** - Margas

A localização e interpretação das sondagens mecânicas de furação está representada nas peças desenhadas tanto em plantas como ao longo de perfis longitudinais e transversais geológicos e geotécnicos das diversas obras. Os registos individuais das sondagens com a descrição dos terrenos atravessados, as profundidades atingidas, a simbologia, a estratigrafia, os resultados dos ensaios SPT-Terzaghi, entre outros, figuram no tomo dos Anexos.

3.3 ENSAIOS “IN SITU”

3.3.1 Ensaios de Penetração Dinâmica do Tipo SPT (“Standard Penetration Test”)

Durante a realização das sondagens mecânicas de furação foram realizados 142 ensaios de penetração SPT (“Standard Penetration Test”), 61 dos quais, no âmbito do “Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”.

Estes ensaios, espaçados de 1,50 m ou quando ocorreu mudança de litologia foram executados em duas fases: a primeira para uma penetração de 15 cm e a segunda para uma penetração de 30 cm. No final de cada fase anotou-se o número de pancadas necessário à cravação (penetração) do amostrador e deu-se o ensaio por terminado depois de concluída a 2ª fase ou quando o número de pancadas atingiu as 60, registando-se neste caso a penetração obtida.

Os resultados dos ensaios SPT, além de possibilitarem a obtenção de uma amostra de qualidade razoável, permitiram classificar os terrenos arenosos quanto à sua compactidade e os argilosos quanto à sua consistência, de acordo com o indicado nos Quadro 3.6 e Quadro 3.7.

Quadro 3.6 - Classificação de areias relativamente à compactidade

N _{SPT}	Compactidade
< 5	Muito solta
5 - 10	Solta
11 - 30	Média
31 - 50	Compacta
> 50	Muito compacta

Quadro 3.7 - Classificação de argilas relativamente à consistência

N _{SPT}	Consistência	Resistência à Compressão Simples (kN/m²)
< 3	Muito branda	< 25
3 – 4	Branda	25 - 50
5 – 8	Média	50 - 100
9 – 15	Dura	100 - 200
16 – 30	Muito dura	200 - 400
> 30	Rija	> 400

Na Figura 3.1 é apresentado o gráfico com a distribuição em profundidade do número de pancadas de todos os ensaios SPT realizados, em termos de profundidade e formação geológica.

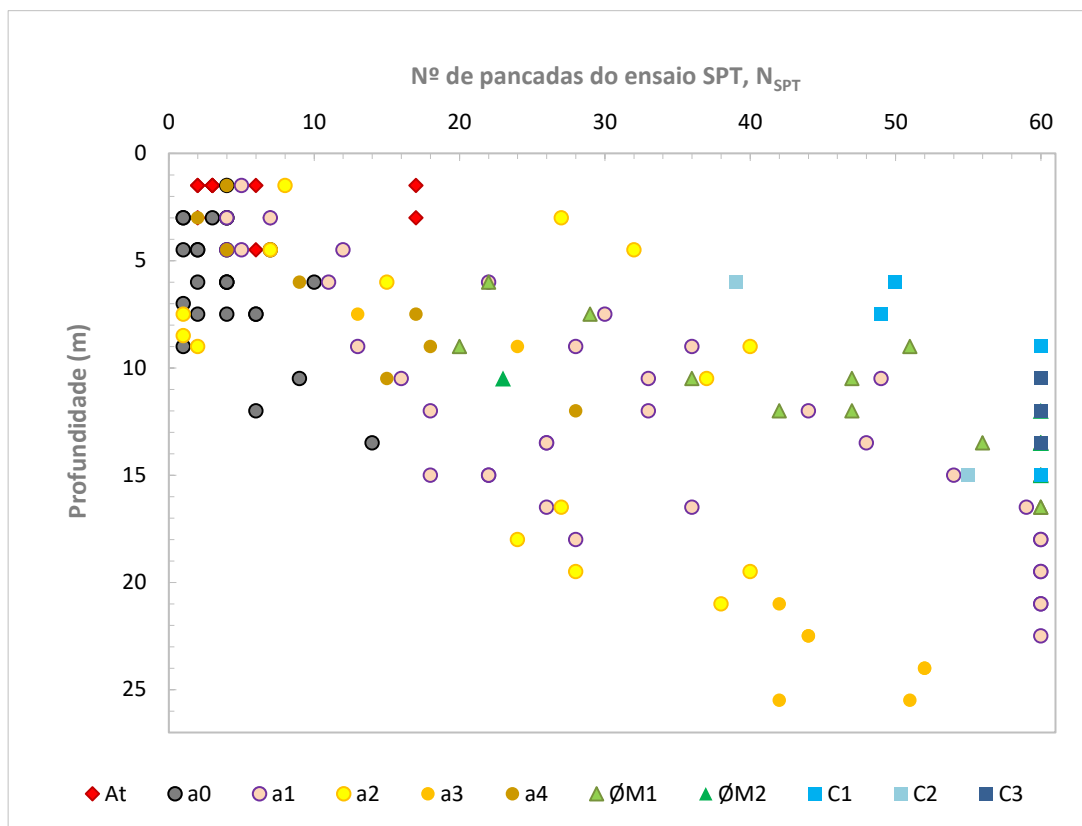


Figura 3.1 - Variação do nº de pancadas do ensaio SPT com a profundidade

Da análise dos resultados dos ensaios de penetração dinâmica SPT, verifica-se que:

- foram realizados ensaios SPT em todas as sondagens realizadas, 69 das quais no traçado do adutor e 12 no distribuidor, 29 na ensecadeira e 32 nos açudes;
- no mínimo foram realizados 8 ensaio SPT (SC1) e no máximo 17 (S1 e S3), atingindo profundidades da ordem dos 25,5 m;
- as formações dos depósitos aluvionares apresentam, de um modo geral, uma grande variação de valores N_{SPT} ao longo das sondagens, não sendo sempre crescentes em profundidade;
- a formação a_1 é a que apresenta maior variação N_{SPT} , ocorrendo, no entanto, um aumento crescente em profundidade, podendo atingir valores superiores a 60 pancadas;
- a formação a_0 é a que apresenta menores valores de N_{SPT} , seguida da formação a_4 , ou seja, entre 1 e 14 pancadas; e entre 2 e 28, respetivamente, e crescentes em profundidade;
- as formações do substrato ØM_1 e ØM_2 apresentam, em geral, valores de N_{SPT} entre 20 e 60, mas crescentes em profundidade;
- as formações cretácicas do substrato apresentam, em geral, valores de N_{SPT} superiores 40, e crescentes em profundidade.

A localização dos ensaios de penetração dinâmica SPT está representada nos perfis longitudinais das sondagens que figuram no tomo dos Anexos.

3.3.2 Ensaios de permeabilidade tipo Lefranc

Executaram-se 16 ensaios de permeabilidade do tipo “Lefranc”, a nível variável, em 5 sondagens mecânicas de furação (SC1 a SC5) realizadas no adutor e distribuidor, assim como nos açudes.

Os ensaios de permeabilidade tipo “Lefranc” visaram estimar o valor do coeficiente de permeabilidade dos maciços terrosos pela observação da velocidade de descida do nível de água na sondagem (ensaio de nível variável), de modo a permitir avaliar a permeabilidade dos materiais ocorrentes na zona em estudo.

No Quadro 3.8 faz-se um resumo dos resultados obtidos nos ensaios tipo “Lefranc” e a sua localização está representada nos perfis longitudinais das sondagens. Os registos individuais dos ensaios de permeabilidade tipo “Lefranc” figuram no tomo dos Anexos.

Quadro 3.8 – Resumo dos resultados dos ensaios “Lefranc”

Sond. nº	Tipo de intervenção a realizar	Profund. atingida pela sondagem (m)	Nível de água (m)	Formação geológica interpretada	Ensaios de absorção de água		
					Tipo “Lefranc”		
					Profundidade do trecho ensaiado (m)	Coeficiente de permeabilidade (cm/s)	Tipo de solos prováveis
SC1	Adutor Direito do Pranto	12,05	1,1	a ₀	1,0 - 4,0	1,56E-04	Siltos e argilas
				a ₀	4,0 - 7,0	1,53E-05	Argilas
SC2	Distribuidor do Marnoto	18,24	2,8	a ₀	4,0 - 5,0	1,39E-04	Siltos e argilas
				a ₀	6,0 - 7,0	1,23E-04	Siltos e argilas
				a ₀	8,0 - 9,0	2,82E-04	Siltos e argilas
				ØM ₁	10,0 - 12,0	1,82E-04	Siltos e argilas
SC3	Açude do Casal da Rola	16,94	3,2	a ₁	4,0 - 7,0	3,90E-05	Argilas
				a ₃	7,5 - 10,5	3,18E-04	Siltos e argilas
				ØM ₁	10,5 - 13,5	3,69E-04	Siltos e argilas
SC4	Açude do Casal da Rola	15,45	3,6	a ₄	3,0 - 6,0	6,45E-05	Argilas
				ØM ₁	7,0 - 10,0	3,06E-04	Siltos e argilas
				ØM ₂	10,0 - 13,0	3,62E-05	Argilas
SC5	Açude do Casenho	16,93	1,2	a ₁	4,0 - 5,0	1,05E-04	Siltos e argilas
				a ₄	6,0 - 7,0	7,28E-05	Argilas
				a ₄	9,0 - 10,0	3,60E-05	Argilas
				a ₄	12,0 - 13,0	5,22E-05	Argilas

Geologia: HOLOCÉNICO: a₀ - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; a₁ - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; a₃ - Areia grosseira e grosseira a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; a₄ - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS: ØM₁ - Arenitos subconsolidados; ØM₂ - Argilitos subconsolidados

Da análise dos resultados dos ensaios de permeabilidade do tipo “Lefranc” (solos), verifica-se que:

- nas 5 sondagens selecionadas foram realizados 2 a 4 ensaios por sondagem;
- a profundidade mínima ensaiada foi entre 1 e 4 m (SC1) e a máxima entre 12 e 13 m (SC5) e em trechos de 1 a 3 m;
- os ensaios foram realizados em quase todas as formações dos depósitos aluvionares (exceto na a₂) e na formação argilo-gresosa da N^a Sr.^a do Bom Sucesso do Paleogénico e Miocénico Indiferenciados;
- os valores de coeficiente de permeabilidade são pouco variáveis, da ordem de 10⁻⁵ para a₃, a₄ e ØM₂, de 10⁻⁴ para ØM₁, entre 10⁻⁴ e 10⁻⁵ para a₁ e a₀ 10⁻⁵ cm/s. No entanto, estes valores, tal como se pode ver na Figura 3.2, correspondem a permeabilidades médias.

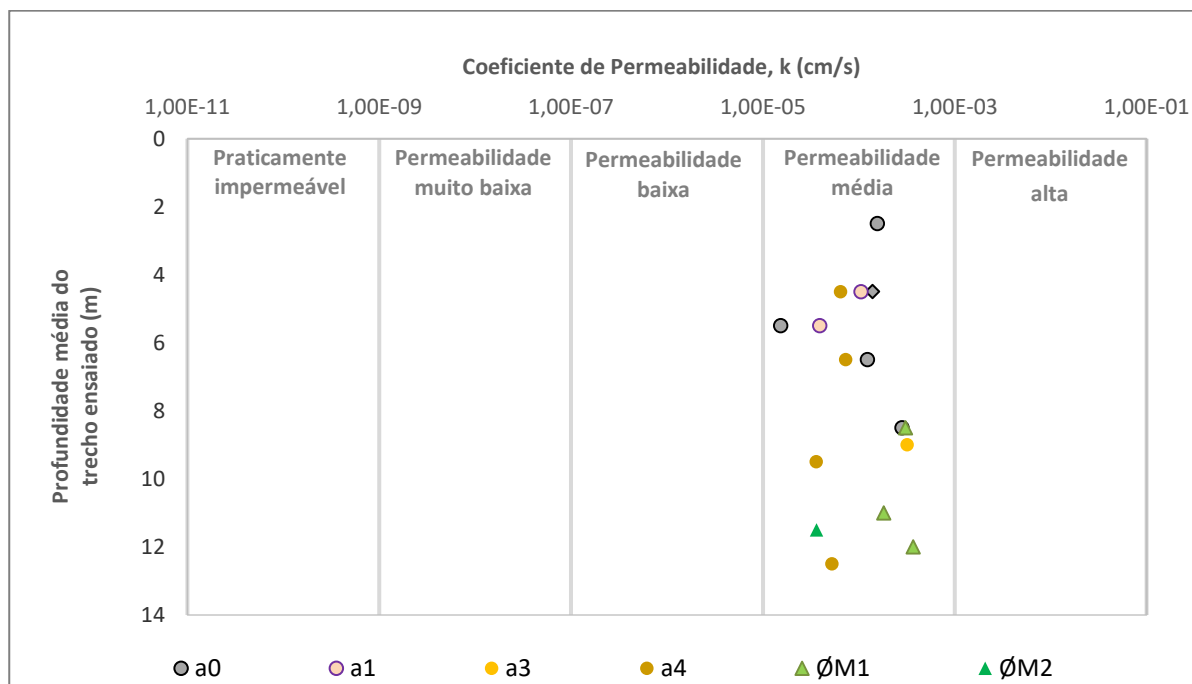


Figura 3.2 - Classificação da permeabilidade (adaptado de Terzaghi & Peck, 1967)

3.3.3 Ensaios de corte rotativo ou molinete (“Vane Test”)

No decorrer da execução das sondagens mecânicas de furação SC1 e SC2 (adutor e distribuidor) foram realizados 7 ensaios de corte rotativo ou molinete (V10(SC1) a V16(SC2)), sempre que foram interessados materiais de natureza essencialmente argilosa, de baixa ou muito baixa consistência, com o objetivo de avaliar a resistência ao corte não drenada (C_u) dos terrenos ocorrentes.

Assim, estes ensaios foram realizados ao longo dos furos destas sondagens, sempre que o material o permitiu, a partir de 1,2 m de profundidade da base do molinete e com um espaçamento mínimo de 1 m.

Foram ainda considerados 9 ensaios V1(S1) a V9(S5) realizados entre agosto e setembro de 2004, no âmbito do “Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”.

No Quadro 3.9 faz-se um resumo dos resultados obtidos nos ensaios e a sua localização está representada nos perfis longitudinais das sondagens. Os registos individuais dos ensaios de corte rotativo ou molinete figuram no tomo dos Anexos.

Quadro 3.9 – Resumo dos resultados dos ensaios de corte rotativo ou molinete (“Vane Test”)

Ensaio de corte rotativo nº (sondagem nº)	Tipo de intervenção a realizar	Nível de água (m)	Formação geológica interpretada	N _{SPT} (prof. em m)	Descrição do material recolhido no amostrador SPT-Terzaghi	Limites de consistência		Prof. da base do molinete (m)	Resistência ao corte não drenada, c_u (kPa)		Sensibilidade
						LL (%)	IP (%)		Pico, $c_{umáx}$	Residual, c_{ures}	
V1 (S1)	Adutor Direito do Pranto	0,5	At	3 (1,5 m)	Aterro argilo-siltoso	---	---	2,0	17	8	2
V2 (S1)			a₀	4 (3,0 m)	Lodo argiloso, algo micáceo	---	---	3,5	18	10	2
V3 (S1)			a₀	1 (4,5 m)	Lodo argiloso, algo micáceo	---	---	5,0	22	17	1
V4 (S3)	Adutor Direito do Pranto	---	a₀	1 (3,0 m)	Lodo argiloso, algo micáceo	---	---	3,5	12	5	2
V5 (S3)			a₀	2 (4,5 m)	Lodo argiloso, algo micáceo	---	---	5,0	30	10	3
V6 (S3)			a₀	4 (6,0 m)	Lodo argiloso, algo micáceo	---	---	6,5	23	10	2
V7 (S4)	Adutor Direito do Pranto	---	a₀	---	Lodo argiloso, algo micáceo	---	---	6,5	28	11	2
V8 (S4)			a₀	1* (7,5 m)	Lodo argiloso, algo micáceo	---	---	8,0	25	13	2
V9 (S5)	Adutor Direito do Pranto	0,5	a₀	1* (3,0 m)	Lodo argiloso	---	---	4,0	14	9	2
V10 (SC1)	Adutor Direito do Pranto	1,1	a₀	4 (1,5 m)	Silte lodoso	---	---	1,2	12	5	3
V11 (SC1)			a₀	4 (1,5 m)	Silte lodoso	---	---	2,2	7	4	2
V12 (SC1)			a₀	7 (4,5 m)	Silte lodoso	---	---	4,2	8	3	3
V13 (SC1)			a₀	7 (4,5 m)	Silte lodoso	---	---	5,2	10	5	2
V14 (SC2)	Distribuidor do Mamoto	2,8	a₀	4 (4,5 m)	Argila silto-lodosa	---	---	4,2	10	6	2
V15 (SC2)			a₀	4 (6,0 m)	Argila silto-lodosa	---	---	5,7	11	4	3
V16 (SC2)			a₀	6 (7,5 m)	Silte lodoso	---	---	7,2	10	5	2

NOTAS: * - N_{SPT} da 1ª fase.

Geologia: HOLOCÉNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas

Da análise dos resultados dos ensaios de corte rotativo ou molinete, verifica-se que:

- todos os ensaios foram realizados na formação **a₀** dos depósitos aluvionares, exceto o V1(S1) que foi atribuído a aterro, que é constituída essencialmente por lodo argiloso, algo micáceo, silte lodoso e argila silto-lodosa;
- a profundidade mínima ensaiada (base do molinete) foi a 1,2m (SC1) e a máxima a 8 m (V8 (S4));
- na formação **a₀** a resistência ao corte não drenada de pico ($c_{umáx}$) variou entre 7 e 30 kPa e a residual (c_{ures}) entre 3 e 17 kPa;
- a sensibilidade na formação **a₀** variou entre 1 e 3, apesar do valor mais frequente ser 2.

Na Figura 3.3 são apresentados os gráficos com a distribuição das resistências ao corte de pico e residual, em termos de profundidade e formação geológica.

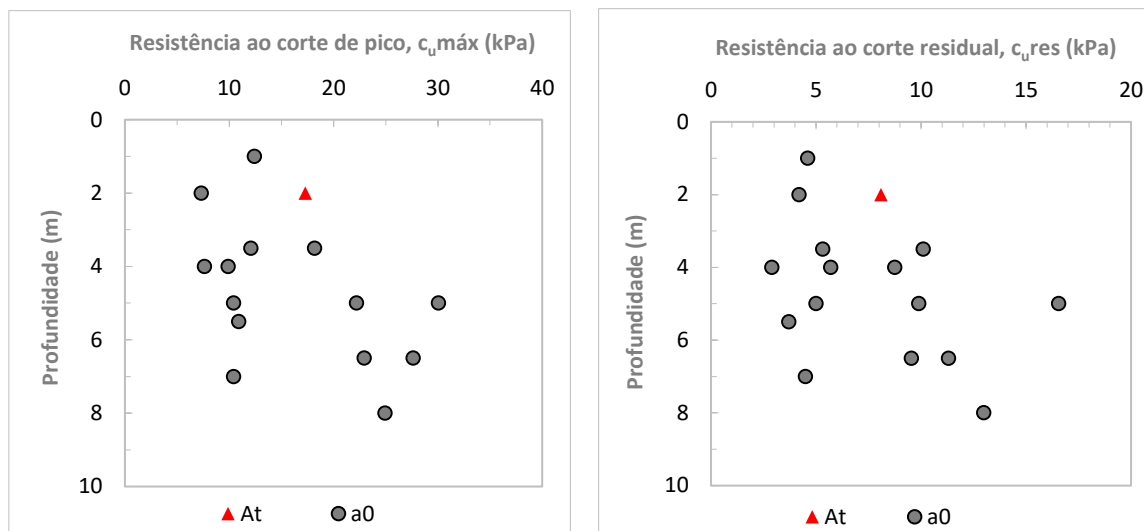


Figura 3.3 - Variação da resistência ao corte de pico ($c_{u\text{máx}}$) e residual ($c_{u\text{res}}$) com a profundidade

Na Figura 3.4 faz-se a classificação em termos de resistência ao corte não drenado de solos finos, segundo a Norma EN ISO 14688-2. Da observação da figura, verifica-se que os depósitos aluvionares da formação a_0 apresentam resistências ao corte não drenado extremamente baixas a baixas.

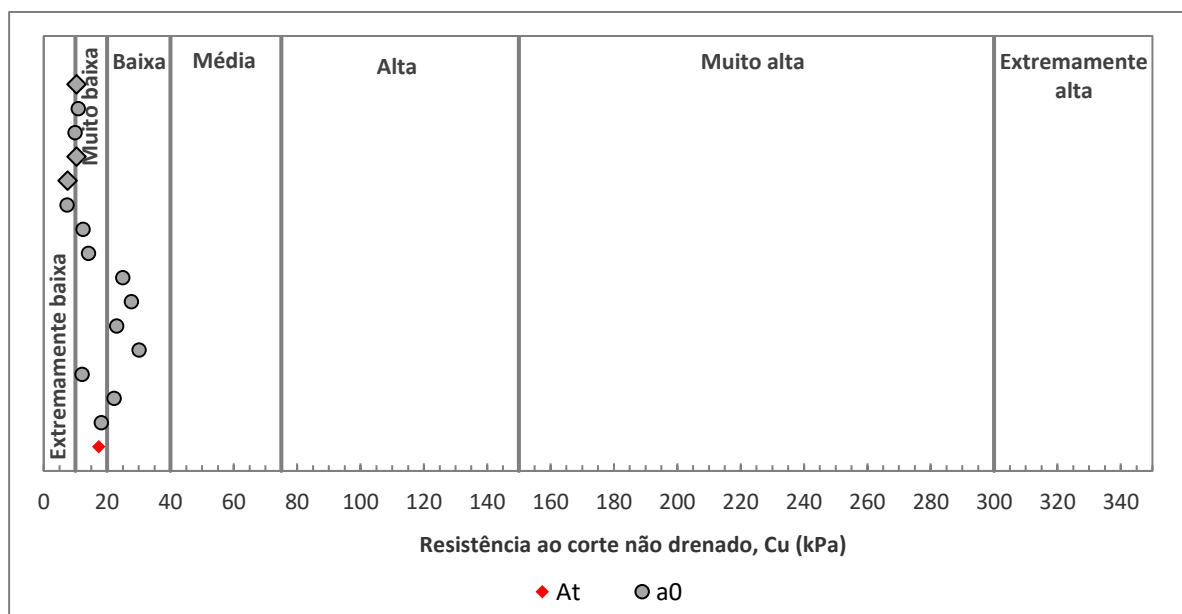


Figura 3.4 - Classificação em termos de resistência ao corte não drenado de solos finos (EN ISO 14688-2)

Na Figura 3.5 faz-se a classificação das argilas quanto à sensibilidade à remoldagem de acordo com Skempton & Northey (1952), Rosenquist (1953) e Norsk Geoteknisk Forening (1974) apud Torrance (1983). Da observação desta figura, verifica-se que, de acordo com estes autores, os depósitos aluvionares da formação a_0 apresentam essencialmente sensibilidade média e baixa.

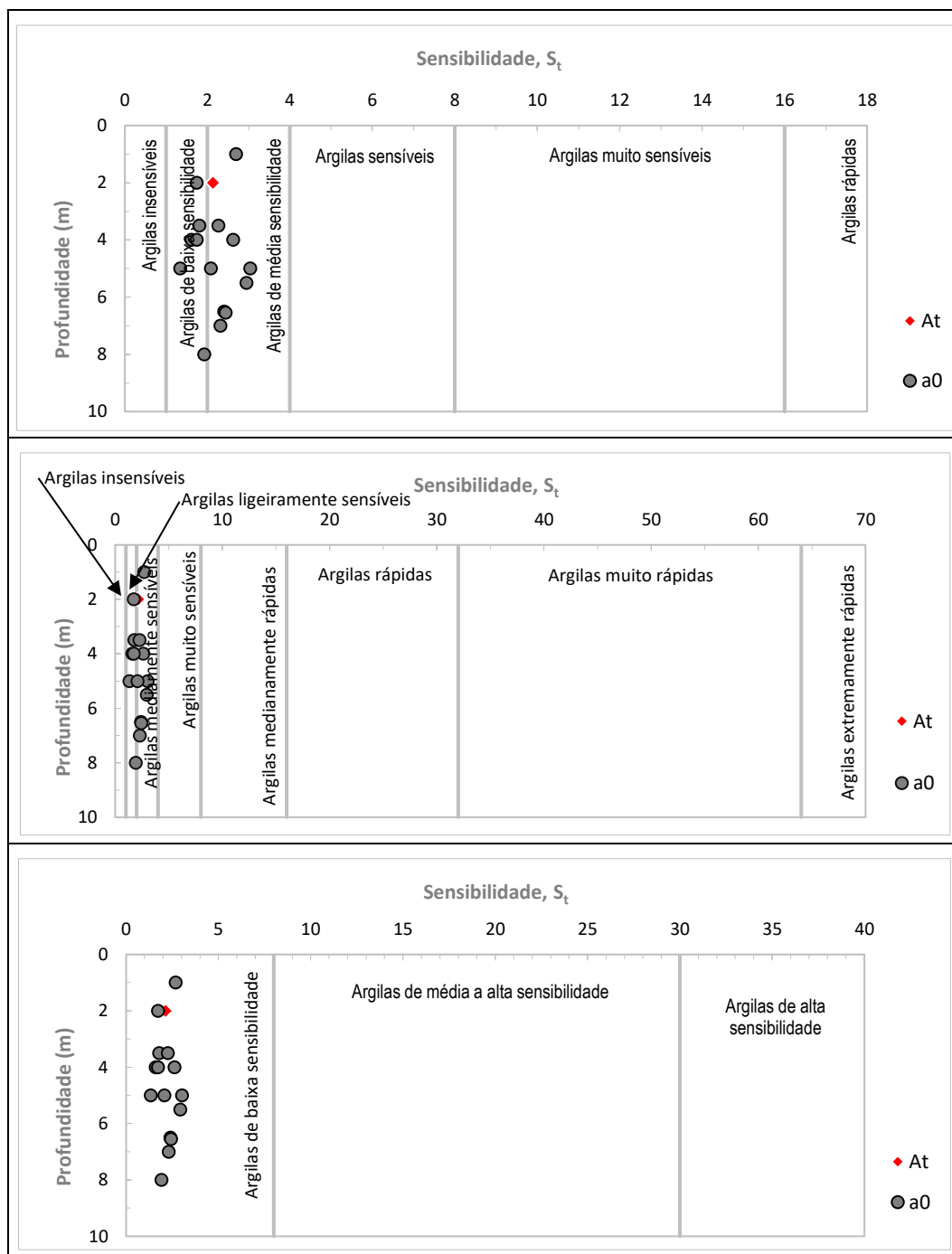


Figura 3.5 - Classificação quanto à sensibilidade das argilas à remoldagem de acordo com Skempton & Northey (1952), Rosenquist (1953) e Norsk Geoteknisk Forening (1974) apud Torrance (1983), respetivamente

A localização e interpretação das sondagens mecânicas de furação está representada nas peças desenhadas tanto em plantas como ao longo de perfis longitudinais e transversais geológicos e geotécnicos das diversas obras. Os registos individuais das sondagens com a descrição dos terrenos atravessados, as profundidades atingidas, a simbologia, a estratigrafia, os resultados dos ensaios SPT-Terzaghi, entre outros, figuram no tomo dos Anexos.

3.4 ENSAIO DE PENETRAÇÃO ESTÁTICA - CPTU

Foram executados 13 ensaios de penetração estática com medição das tensões intersticiais (CPTu) ao longo do eixo de adutor e do distribuidor no âmbito do “Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”.

Os ensaios de penetração estática visaram caracterizar do ponto de vista da resistência e da deformabilidade, os terrenos ocorrentes nas zonas de materiais brandos (depósitos aluvionares), de modo a avaliar a capacidade destes solos para fundação.

No Quadro 3.10 resume-se a informação obtida nos ensaios de penetração estática realizados.

Quadro 3.10 – Resumo dos resultados dos ensaios de penetração estática (CPTu)

CPTu nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profund. atingida (m)	Nível de água (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Formação geológica interpretada	Prof. do ensaio (m)	Resistência de Ponta, Q_t (MPa)	Atrito lateral, F_t (kPa)	Tensões neutras, u (kPa)
CPTu1	Adutor Direito do Pranto	0+050	11,4	---	10,4	Tv/Co	0,0-0,4	0,00 a 14,70	0,00 a 1266,00	-4,08 a 1,02
						At	0,4-1,0	até 0,00	4,00 a 596,67	-17,34 a 3,06
						a ₀	1,0-3,0	até 1,82	1,33 a 536,67	-16,32 a 17,34
						a ₁	3,0-3,4	3,64 a 15,26	72,00 a 547,33	18,36 a 37,74
						a ₀	3,4-8,7	até 3,64	2,00 a 418,87	13,26 a 83,64
						a ₁	8,7-9,5	0,00 a 15,40	0,00 a 665,33	0,00 a 67,32
						a ₂	11,0->11,4	14,00 a >45,64	34,67 a >1558,00	68,34 a >111,18
CPTu2	Adutor Direito do Pranto	0+666	6,8	---	6,1	Tv/Co	0,0-0,7	0,00 a 10,78	0,00 a 430,00	-40,80 a 0,00
						a ₄	0,7-3,3	até 2,94	0,00 a 524,00	-34,68 a 26,52
						a ₀	3,3-6,7	0,00 a 6,20	0,00 a 1390,67	-1,02 a 52,02
						a ₁	6,7->6,8	13,76 a >32,44	3148,67 a >8422,67	59,16 a >80,58
CPTu3	Adutor Direito do Pranto	1+562	4,3	---	3,7	Tv/Co	0,0-0,6	0,00 a 6,30	0,00 a 620,00	-1,02 a 10,20
						a ₂	0,6-1,1	0,14 a 3,08	28,67 a 376,00	7,14 a 16,32
						a ₄	1,1-3,4	até 2,24	0,00 a 168,00	-1,02 a 16,32
						a ₃	3,4->4,3	7,28 a >48,30	194,00 a >11959,33	-86,68 a >17,34
CPTu4	Adutor Direito do Pranto	2+670	4,2	---	3,2	Tv/Co	0,0-0,8	0,00 a 23,94	0,00 a 913,33	-8,16 a 14,28
						a ₄	0,8-3,4	até 1,12	0,00 a 202,67	-4,08 a 4,08
						a ₂	3,4-3,5	1,12 a 1,68	254,00 a 364,00	1,02 a 3,06
						a ₄	3,5-4,0	até 1,82	1,33 a 374,67	0,00 a 5,10
						C ₁	4,0->4,2	3,08 a >25,76	89,33 a >5488,67	0,00 a >9,18
CPTu5	Adutor Direito do Pranto	3+452	6,5	---	6,3	Tv/Co	0,0-0,2	0,00 a 3,64	0,00 a 177,33	-5,10 a 0,00
						a ₀	0,2-6,2	até 4,76	0,00 a 332,00	-11,22 a 44,88
						a ₃	6,2->6,5	9,66 a >35,44	298,00 a >1712,00	39,78 a >56,10
CPTu6	Adutor Direito do Pranto	4+265	5,8	---	5,3	Tv/Co	0,0-0,3	0,00 a 5,46	0,00 a 3251,33	-48,86 a 5,10
						a ₄	0,3-1,7	0,00 a 1,68	0,00 a 156,00	-11,22 a 8,16
						a ₀	1,7-5,1	até 1,96	0,00 a 868,67	-7,14 a 1,02
						a ₃	5,1-5,6	0,84 a 6,58	23,33 a 868,67	-38,76 a 37,74
						C ₁	5,6->5,8	7,98 a >35,40	125,33 a >2266,00	5,10 a >53,04
CPTu7		5+090	12,0	---	11,6	At	0,0-0,4	0,00 a 4,01	0,00 a 224,00	0,00 a 7,14

CPTu nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profund. atingida (m)	Nível de água (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Formação geológica interpretada	Prof. do ensaio (m)	Resistência de Ponta, Q _t (MPa)	Atrito lateral, F _t (kPa)	Tensões neutras, u (kPa)
	Adutor Direito do Pranto					a₄	0,4-1,2	0,98 a 1,96	2,67 a 171,33	0,00 a 23,46
						a₀	1,2-10,8	0,00 a 1,26	0,00 a 104,00	0,00 a 23,46
						a₁	10,8-11,9	0,84 a 3,36	1,33 a 289,33	0,00 a 23,46
						a₃	11,9->12,0	5,68 a >44,40	450,00 a >970,00	13,26 a >16,32
CPTu8	Adutor Direito do Pranto	5+887	13,5	---	12,5	Tv/Co	0,0-0,5	0,00 a 1,68	0,00 a 137,33	0,00 a 23,46
						a₄	0,5-1,2	0,28 a 1,96	0,00 a 171,33	0,00 a 17,34
						a₀	1,2-10,8	0,00 a 2,07	0,00 a 168,67	0,00 a 45,90
						a₁	10,8-11,5	0,00 a 3,22	0,00 a 204,67	0,00 a 23,46
						a₀	11,5-13,0	0,28 a 1,12	0,00 a 62,67	0,00 a 23,46
CPTu10	Distribuidor do Mamoto	0+495	12,8	---	12,6	C₃	13,0->13,5	2,38 a >26,03	102,00 a >790,00	0,00 a >18,52
						Tv/Co	0,0-0,2	0,00 a 7,56	0,00 a 142,00	-1,02 a 0,00
CPTu11	Adutor Direito do Pranto	7+108	16,8	---	16,3	a₀	0,2->12,8	até >0,42	0,00 a >132,00	-8,16 a >16,32
						At	0,0-0,5	0,00 a 9,24	0,00 a 379,33	0,00 a 10,20
						a₄	0,5-2,0	0,00 a 1,68	22,67 a 335,33	2,04 a 10,20
						a₀	2,0-4,2	até 0,00	0,00 a 181,33	0,00 a 4,08
						a₁	4,2-4,4	0,00 a 1,68	181,33 a 374,67	0,00 a 15,30
CPTu12	Adutor Direito do Pranto	8+018	6,8	---	6,3	a₀	4,4->16,8	até >0,14	0,00 a >148,67	-19,38 a >37,74
						Tv/Co	0,0-0,3	0,00 a 5,46	0,00 a 286,67	0,00 a 17,34
						a₄	0,3-3,6	0,28 a 1,96	24,00 a 242,67	0,00 a 15,30
						a₀	3,6-5,9	0,00 a 1,12	1,33 a 108,00	0,00 a 9,18
						a₁	5,9-6,1	0,56 a 6,86	1,33 a 154,67	0,00 a 13,26
CPTu13	Adutor Direito do Pranto	8+792	13,8	---	13,2	a₀	6,1-6,6	0,56 a 1,26	1,33 a 110,00	0,00 a 15,30
						C₃	6,6->6,8	4,48 a >34,30	18,67 a >2660,00	10,20 a >84,66
						Tv/Co	0,0-0,4	0,00 a 0,98	0,00 a 35,33	0,00 a 8,16
						a₄	0,4 1,0	0,98 a 1,96	27,33 a 171,33	0,00 a 8,16
						a₀	1,0-10,8	0,00 a 1,26	1,33 a 168,67	0,00 a 40,80
						a₁	10,8-13,6	0,84 a 6,30	1,33 a 618,67	3,06 a 108,12
						C₃	13,6->13,8	11,34 a >44,40	416,67 a >891,03	75,48 a >99,96

Geologia: HOLOCÊNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **Tv** - Silte argiloso a argila siltosa, com matéria orgânica (Terra vegetal); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grosseira e média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. CRETÁCICO: **C₁** - Arenito e arenitos carbonatados e calcários; **C₃** - Margas

Da análise dos resultados dos ensaios de penetração estática, verifica-se que:

- à data da execução dos ensaios de penetração estática, agosto de 2004, não foi detetada a presença de água em nenhum ensaio;
- a profundidade dos ensaios variou entre 4,2 (CPTu4) e 16,8 m (CPTu11) e a espessura dos depósitos aluvionares entre 3,2 na CPTu4 e 16,3 na CPTu11;

- os ensaios realizados interessaram praticamente todas as formações consideradas, exceto a ØM_1 (arenitos subconsolidados) e C_2 (argilitos). A formação mais interessada foi a a_0 seguida da a_4 , sendo ambas constituídas por argilas e silte argiloso;
- na formação a_0 a resistência de ponta é até 1 MPa e o atrito lateral entre 0 e 100 kPa, podendo contudo atingir valores superiores no contacto com outras formações ou devido a intercalações de materiais mais arenosos ou coníferos;
- na formação a_4 a resistência de ponta é até 2 MPa e o atrito lateral entre 0 e 200 kPa, podendo, contudo, tal como em a_0 , atingir valores superiores no contacto com outras formações ou devido a intercalações de materiais mais arenosos.
- as restantes formações, dada a sua constituição essencialmente arenosa indicam maiores variações em termos de resistência de ponta e atrito lateral.

A localização e interpretação dos ensaios de penetração estática está representada nas peças desenhadas tanto em plantas como ao longo de perfis longitudinais e transversais geológicos e geotécnicos das diversas obras. Os seus registos individuais com as profundidades atingidas e os gráficos da resistência de ponta, atrito lateral e tensões neutras, entre outros, figuram no tomo dos Anexos.

3.5 POÇOS DE RECONHECIMENTO

Na presente fase de estudo foram realizados 21 poços de reconhecimento, designados por PC e distribuídos ao longo dos alinhamentos previstos para o adutor e distribuidor (PC1 a PC18), bem como no local dos açudes e ensecadeira (PC19 a PC21). Estes poços visaram avaliar o comportamento dos terrenos quer em termos de inclinação e estabilidade dos taludes de escavação (nomeadamente no caso do adutor e distribuidor), quer em termos de condições de fundação das obras a realizar e da eventual reutilização dos materiais de escavação.

Os poços permitiram, de um modo geral, observar diretamente em profundidade a natureza das formações ocorrentes, determinar a espessura de terra vegetal, detetar o nível de água e colher amostras remexidas e indeformadas para ensaios laboratoriais de identificação e caracterização geotécnica dos terrenos de fundação do adutor, distribuidor, açudes e ensecadeira a construir.

Os poços foram dados por terminados sempre que a lança da retroescavadora atingiu o limite do seu braço ou quando a máquina esgotou a sua capacidade de escavação devido à ocorrência de materiais rochosos ou mais compactos/consistentes ou ainda devido à impossibilidade de continuar a sua abertura em consequência do colapso das paredes do poço.

Para além destes poços, foram ainda considerados os 21 poços (P1 a P22) efetuados no âmbito do “Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto” em 2006.

No Quadro 3.11 resume-se a informação obtida nos poços de reconhecimento realizados.

Quadro 3.11 - Resumo das principais características dos poços de reconhecimento

Poço nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profundidade atingida pelo poço (m)	Nível de água (m)	Prof. de recolha das amostras remexidas (m)	Espessura de solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos interessados pelos poços		
								Prof. (m)	Formação geológica interpretada	Descrição de campo
P1	Adutor Direito do Pranto	0+050	2,4	---	---	0,2	> 1,2	0,0 - 0,15	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,15 - 1,0	At	Aterro argiloso com pedras e restos de vegetais.
					---			1,0 - 1,2	Tv/Co	Argila arenosa, com raízes
					1,2 - 1,5			1,2 - 1,5	a ₀	Argila silto-arenosa, algo micácea
					1,5 - 2,4			1,5 - 2,4		Argila silto-arenosa, algo micácea, com maior componente da fração areno-siltosa
P2	Adutor Direito do Pranto	0+750	3,3	3,0	---	0,3	> 2,4	0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,3 - 0,9	At	Aterro com brita calcária, calhau rolado e seixo médio
					0,90 - 3,0			0,9 - 3,0	a ₄	Argila silto-arenosa, com aumento da fração silto-arenosa para a base da camada
					3,0 - 3,3			3,0 - 3,3	a ₀	Lodo conífero
P3	Adutor Direito do Pranto	1+060	0,8	0,8	---	0,2	0,6	0,0 - 0,2	Tv/Co	Argila silto-arenosa, com fragmentos líticos
					0,2 - 0,8			0,2 - 0,8	a ₄	Argila silto-arenosa
					---			> 0,8	C ₁	Calcarenito constituído por grãos de quartzo finos e angulosos
P4	Adutor Direito do Pranto	1+518	3,8	2,7	---	0,2	> 3,6	0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,2 - 0,65	a ₂	Areia silto-argilosa, com calhaus rolados e raízes
					0,65 - 1,3			0,65 - 1,3	a ₄	Argila silto-arenosa
					1,3 - 2,7			1,3 - 2,7		
					2,7 - 3,2			2,7 - 3,2	a ₃	Seixo de quartzo e quartzito
					3,2 - 3,8			3,2 - 3,8	a ₂	Areia fina, com abundantes níveis micáceos
P5	Adutor Direito do Pranto	1+900	2,2	1,3	---	0,3	> 1,9	0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
					0,3 - 1,3			0,3 - 1,3	a ₄	Argila silto-arenosa, com seixo disperso
					1,3 - 2,2			1,3 - 2,2	a ₃	Areia média, com seixo disperso
P6	Adutor Direito do Pranto	2+530	2,4	2,2	---	0,2	2,2	0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal
					0,2 - 1,2			0,2 - 1,2	a ₄	Silte argilo-arenoso
					---			1,2 - 1,5		
					1,5 - 2,4			1,5 - 2,4		Argila

Poço nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profundidade atingida pelo poço (m)	Nível de água (m)	Prof. de recolha das amostras remexidas (m)	Espessura de solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos interessados pelos poços		
								Prof. (m)	Formação geológica interpretada	Descrição de campo
					---			> 2,4	C ₁	Arenito, algo ferruginoso, com grãos de quartzo angulosos
P7	Adutor Direito do Pranto	3+040	4,6	1,9	---	0,3	> 4,4	0,0 - 0,25	Tv/Co	Terra vegetal
					0,25 - 1,7			0,25 - 1,7	a ₂	Areia silto-argilosa, com fragmentos de calcarenito
					---			1,7 - 1,9	a ₄	Argila
					---			1,9 - 3,3	a ₀	Argila, passando para a base a argila micácea
					1,9 - 3,3			3,3 - 4,1	a ₀	Lodo conquífero
					3,3 - 4,1			4,1 - 4,6	a ₃	Areia de granulometria grosseira
P8	Adutor Direito do Pranto	3+575	4,2	2,0	---	0,3	> 3,9	0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,3 - 0,6	a ₄	Silte argilo-arenoso, com seixo disperso
					0,6 - 2,1			0,6 - 2,1	a ₀	Argila
					---			2,1 - 3,9	a ₀	Lodo conquífero
					3,9 - 4,2			3,9 - 4,2	a ₃	Areia grossa, com fragmentos de conchas
					---			0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
P9	Adutor Direito do Pranto	4+025	2,2	---	---	0,3	1,9	0,3 - 0,7	a ₄	Silte argilo-arenoso
					---			0,7 - 1,3	a ₄	Argila silto-arenosa, com fragmentos líticos
					1,3 - 2,2			1,3 - 2,2	a ₀	Lodo, algo arenoso, com alguns fragmentos de conchas e restos de turfa
					---			1,3 - 2,2	C ₁	Arenito carbonatado
					---			0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,3 - 0,9	a ₄	Silte areno-argiloso
P10	Adutor Direito do Pranto	4+460	1,45	0,9	0,9 - 1,45	0,3	1,2	0,9 - 1,45	a ₁	Areia argilosa, lodosa, com fragmentos líticos e seixo pequeno disperso
					---			> 1,45	C ₁	Calcarenito
					---			0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,3 - 1,4	a ₄	Silte areno-argiloso
P11	Adutor Direito do Pranto	5+045	4,35	1,4	---	0,3	> 4,10	1,4 - 2,0	a ₀	Silte argiloso
					2,0 - 4,0			2,0 - 4,0	a ₀	Lodo conquífero, siltoso e micáceo, com nível conquífero aos 3,3 m.
					---			4,0 - 4,35	a ₃	Areia grosseira, lodosa, com abundantes grãos de quartzo
					---			0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal
P12		5+510	2,6	1,0	---	0,2	> 2,4	0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal

Poço nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profundidade atingida pelo poço (m)	Nível de água (m)	Prof. de recolha das amostras remexidas (m)	Espessura de solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos interessados pelos poços		
								Prof. (m)	Formação geológica interpretada	Descrição de campo
	Adutor Direito do Pranto				0,2 - 1,0			0,2 - 1,0	a ₄	Argila siltosa
					---			1,0 - 2,0	a ₀	Lodo siltoso, micáceo, com fragmentos de conchas dispersos
					2,0 - 2,6			2,0 - 2,6	a ₃	Areia média a grossa, com abundantes grãos de quartzo
P13	Adutor Direito do Pranto	5+992	3,4	2,3	---	0,3	> 3,1	0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,3 - 1,3	a ₄	Silte areno-argiloso
					1,3 - 2,3			1,3 - 2,3	a ₂	Areia fina, siltosa
					2,3 - 3,4			2,3 - 3,4	a ₄	Argila siltosa
					---			0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal
P14	Distribuidor do Marnoto	0+530	1,3	0,6	---	0,2	> 1,1	0,6 - 1,3	At	Aterro
					---			0,6 - 1,3	a ₃	Areia média e lodo micáceo
					0,6 - 1,3			0,6 - 1,3	a ₃	Areia média e lodo micáceo
P15	Adutor Direito do Pranto	6+515	4,5	---	---	0,3	> 4,2	0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,3 - 1,2	a ₂	Areia fina a média, silto-argilosa
					1,2 - 1,9			1,2 - 1,9	a ₄	Argila
					---			1,9 - 4,5	a ₀	Lodo conífero, com restos de turfa dispersos
					---			0,0 - 0,25	Tv/Co	Terra vegetal
P16	Adutor Direito do Pranto	7+038	1,5	0,5	0,25 - 1,3	0,3	> 1,3	0,25 - 1,3	a ₃	Areia média, com seixo fino disperso
					---			1,3 - 1,5	a ₂	Areia de granulometria média
					---			0,0 - 0,3	Tv/Co	Terra vegetal
P17	Adutor Direito do Pranto	7+748	4,6	3,4	---	0,3	3,1	0,3 - 1,1	a ₂	Areia fina a média, muito argilosa
					---			1,1 - 1,7	a ₄	Argila com minerais micáceos dispersos
					1,1 - 1,7			1,7 - 2,8	a ₄	Argila
					---			2,8 - 3,4	a ₀	Lodo conífero
					3,4 - 4,6			3,4 - 4,6	C ₃	Silte argiloso, algo margoso
					---			0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,2 - 0,9	a ₄	Argila, com fração arenosa fina dispersa
P18	Adutor Direito do Pranto	8+257	4,0	2,1	0,9 - 2,1	0,2	> 3,8	0,9 - 2,1	a ₄	Argila
					2,1 - 2,3			2,1 - 2,3	a ₂	Areia média, passando a areia média a fina, argilosa, para a base da camada
					---			2,3 - 4,0	a ₁	Areia fina, argilosa, com abundantes níveis de argila arenosa e fragmentos de conchas e turfa dispersos

Poço nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profundidade atingida pelo poço (m)	Nível de água (m)	Prof. de recolha das amostras remexidas (m)	Espessura de solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos interessados pelos poços		
								Prof. (m)	Formação geológica interpretada	Descrição de campo
P19	Adutor Direito do Pranto	8+940	4,1	3,1	---	0,2	> 3,9	0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,2 - 0,9	a ₄	Argila arenosa
					0,9 - 2,8			0,9 - 2,8	a ₀	Argila
					---			2,8 - 4,1		Lodo conífero, com passagem de areia média a fina, lodosa (a ₁) aos 3,1 m
P20	Adutor Direito do Pranto	9+362	3,6	1,6	---	0,2	1,8	0,0 - 0,2	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,2 - 0,8	a ₄	Areia muito argilosa
					0,8 - 1,6			0,8 - 1,6		Areia argilosa, com seixo fino disperso
					---			1,6 - 2,0	a ₀	Lodo
					2,0 - 3,6			2,0 - 3,6	ØM ₂	Siltito / Argilito margoso, algo arenoso, com seixo disperso
P22	Adutor Direito do Pranto	9+925	3,9	1,6	---	0,1	> 3,8	0,0 - 0,1	Tv/Co	Terra vegetal
					---			0,1 - 0,9	a ₂	Areia fina, argilosa
					0,9 - 1,6			0,9 - 1,6	a ₄	Argila arenosa
					---			1,6 - 2,1	a ₁	Areia média, lodosa, com seixo disperso
					2,1 - 3,9			2,1 - 3,9	a ₃	Areia média a grosseira, com níveis de seixo e areia grosseira
PC1	Adutor Direito do Pranto	0+060	3,7	3,6	---	0,1	> 3,6	0,0 - 0,1	Tv/Co	Argila siltosa, com restos de vegetais
					0,1 - 3,7			0,1 - 3,7	a ₀	Silte lodoso, muito micáceo, com pequenas intercalações silto-arenosas
PC2	Adutor Direito do Pranto	1+185	3,3	---	0,0 - 3,3	---	> 3,3	0,0 - 3,3	a ₄	Argila silto-lodosa
PC3	Adutor Direito do Pranto	1+535	3,2	3,0	---	---	> 3,2	0,0 - 1,5	a ₂	Areia fina, argilosa, com restos de vegetais
					1,5 - 3,2			1,5 - 3,2	a ₄	Silte argilo-lodoso, algo micáceo
PC4	Adutor Direito do Pranto	2+070	1,5	1,0	---	0,8	> 0,7	0,0 - 0,8	Tv/Co	Areia fina, siltosa, com restos de vegetais
					0,8 - 1,5			0,8 - 1,5	a ₃	Areia média, com seixo rolado disperso
PC5	Adutor Direito do Pranto	2+682	3,0	2,8	0,0 - 2,8	---	> 3,0	0,0 - 2,8	a ₄	Argila silto-lodosa
					---			2,8 - 3,0	a ₂	Areia média, siltosa, com seixos e fragmentos de conchas dispersos e níveis silto-lodosos
PC6	Adutor Direito do Pranto	3+122	2,2	---	---	0,5	> 1,7	0,0 - 0,5	Tv/Co	Areia fina, siltosa, com restos de vegetais
					0,5 - 2,2			0,5 - 2,2	a ₂	Areia média, com seixo rolado de calibre variável
PC7		3+582	3,6	2,8	---	0,7	> 2,9	0,0 - 0,7	Tv/Co	Areia fina, argilosa, com restos de vegetais

Poço nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profundidade atingida pelo poço (m)	Nível de água (m)	Prof. de recolha das amostras remexidas (m)	Espessura de solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos interessados pelos poços		
								Prof. (m)	Formação geológica interpretada	Descrição de campo
	Adutor Direito do Pranto				0,7 - 2,1			0,7 - 2,1	a ₄	Argila siltosa, algo lodosa e micácea
					2,1 - 3,6			2,1 - 3,6	a ₀	Argila silto-lodosa, com fragmentos de conchas, algo micácea
PC8	Adutor Direito do Pranto	4+375	3,0	1,6	---	0,2	> 2,8	0,0 - 0,2	Tv/Co	Areia argilosa, com restos de vegetais
					0,2 - 1,1			0,2 - 1,1	a ₄	Argila silto-arenosa, com seixo rolado disperso
					1,1 - 3,0			1,1 - 3,0	a ₀	Argila lodosa
					---			0,0 - 0,1	Tv/Co	Argila lodosa, com restos de vegetais
PC9	Adutor Direito do Pranto	4+812	3,3	---	---	0,1	> 1,9	0,1 - 1,4	a ₄	Argila siltosa, algo lodosa
					---			1,4 - 3,3	a ₀	Silte areno-lodoso, micáceo, com fragmentos de conchas
					1,4 - 3,3			---		
PC10	Adutor Direito do Pranto	5+110	3,4	1,2	---	0,2	> 3,2	0,0 - 0,2	Tv/Co	Argila lodosa, com restos de vegetais
					0,2 - 3,4			0,2 - 3,4	a ₀	Argila silto-lodosa, micácea, com abundantes fragmentos de conchas
PC11	Adutor Direito do Pranto	6+148	3,0	1,5	---	0,3	> 2,7	0,0 - 0,3	Tv/Co	Areia fina, siltosa, com restos de vegetais
					0,3 - 1,5			0,3 - 1,5	a ₂	Areia média, algo silto argilosa, com seixo rolado disperso
					---			1,5 - 3,0	a ₄	Argila silto-lodosa
PC12	Adutor Direito do Pranto	6+470	1,5	1,2	---	0,3	> 1,2	0,0 - 0,3	Tv/Co	Areia fina, siltosa, com restos de vegetais
					0,3 - 1,5			0,3 - 1,5	a ₂	Areia fina a média, algo siltosa e micácea, com seixo rolado disperso
PC13	Distribuidor do Marnoto	0+870	3,0	3,0	---	0,2	> 2,8	0,0 - 0,2	Tv/Co	Argila lodosa, com restos de vegetais
					0,2 - 3,0			0,2 - 3,0	a ₀	Argila silto-lodosa, micácea, com fragmentos de conchas
PC14	Adutor Direito do Pranto	6+728	2,0	1,0	---	0,4	> 1,6	0,0 - 0,4	Tv/Co	Areia fina, siltosa, com restos de vegetais
					0,4 - 1,3			0,4 - 1,3	a ₂	Areia média, com seixo fino disperso
					---			1,3 - 2,0	a ₀	Argila lodosa, com restos de vegetais dispersos
PC15	Adutor Direito do Pranto	7+322	3,2	1,5	---	1,1	> 2,1	0,0 - 1,1	Tv/Co	Argila siltosa, com restos de vegetais
					1,1 - 3,2			1,1 - 3,2	a ₀	Argila silto-lodosa, micácea
PC16	Adutor Direito do Pranto	8+567	3,4	---	---	0,3	> 3,1	0,0 - 0,3	Tv/Co	Argila siltosa, com restos de vegetais
					---			0,3 - 1,3	a ₄	Argila siltosa
					1,3 - 3,4			1,3 - 3,4	a ₀	Lodo argiloso, com fragmentos de conchas
PC17		9+160	2,5	2,0	---	0,2	> 2,3	0,0 - 0,2	Tv/Co	Silte argiloso, com restos de vegetais

Poço nº	Tipo de intervenção a realizar	Localização aproximada (km)	Profundidade atingida pelo poço (m)	Nível de água (m)	Prof. de recolha das amostras remexidas (m)	Espessura de solo orgânico (m)	Espessura de depósitos aluvionares (m)	Resumo das características dos terrenos interessados pelos poços		
								Prof. (m)	Formação geológica interpretada	Descrição de campo
	Adutor Direito do Pranto				---			0,2 - 1,0	a₄	Argila silto-arenosa, com seixo fino disperso
					1,0 - 2,0			1,0 - 2,0	a₀	Silte argilo-lodoso, algo micáceo, com pequenas intercalações silto-arenosas
					---			2,0 - 2,5	a₃	Areia média, com seixo rolado disperso
PC18	Adutor Direito do Pranto	9+615	3,4	---	---	0,2	2,3	0,0 - 0,2	Tv/Co	Areia fina, argilosa, com restos de vegetais
					---			0,2 - 1,6	a₄	Argila siltosa
					---			1,6 - 2,5		Argila siltosa, algo lodosa, com seixo fino disperso
					2,5 - 3,4			2,5 - 3,4	ØM₂	Areia fina a média, muito argilosa
					---			0,0 - 0,3	Tv/Co	Areia fina, siltosa, com restos de vegetais
PC19	Açude do Casal da Rola	---	2,3	---	0,3 - 2,0	0,3	> 0,3	0,3 - 2,0	At	Areia fina, algo micácea
					---			2,0 - 2,3	a₂	Areia média a grosseira, siltosa, com níveis silto-argilosos e seixo fino disperso
					---			0,0 - 0,4	Tv/Co	Areia fina, siltosa, com restos de vegetais
PC20	Açude do Casenho	---	3,0	3,0	0,4 - 2,8	0,4	> 2,6	0,4 - 2,8	a₁	Areia fina, muito silto-argilosa
					---			2,8 - 3,0		Areia fina, siltosa, algo lodosa
					---			0,0 - 0,2	Tv/Co	Silte argiloso, com restos de vegetais
PC21	Ensecadeira	---	3,6	3,5	---	0,2	> 3,4	0,2 - 1,5	a₀	Silte argiloso
					1,5 - 3,6			1,5 - 3,6		Argila silto-lodosa, algo micácea

Geologia: HOLOCÉNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **Tv** - Silte argiloso a argila siltosa, com matéria orgânica (Terra vegetal); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grosseira e grosseira a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS: **ØM₂** - Argilitos subconsolidados. CRETÁCICO: **C₁** - Arenito e arenitos carbonatados e calcários; **C₃** - Margas

À data de abertura dos poços realizados em abril de 2005 só não foi detetada a presença de água nos poços P1, P9 e P15. Nos poços realizados entre janeiro e fevereiro de 2019 não foi detetado o nível de água nos poços PC2, PC6, PC9, PC16 e PC18 e ainda no poço PC19 realizado no local do Açude do Casal da Rola.

A profundidade dos poços variou entre 0,8 (P3) e 4,6 (P7 e P17) e a espessura dos depósitos aluvionares entre 0,6 no P3 e 4,4 no P7.

No Quadro 3.12 faz-se a síntese da análise dos resultados obtidos nos poços de prospeção em termos de formação geológica e para cada obra.

Quadro 3.12 - Síntese da análise dos resultados obtidos nos poços de prospeção

Localização	Formação geológica	Resumo da descrição de campo	Espessura máxima (m)	Profundidade de ocorrência (m) mínima - máxima	Nível de água (m)
Adutor e distribuidor	Tv/Sc	Argila silto-lodosa e areia fina, silto-argilosa	1,1	0,0 - 1,2	0,5 a 3,6
	At	Aterro	0,9	0,15 - 1,3	
	a ₀	Argila silto-lodosa, micácea e conquífera	3,6	0,1 - 4,5	
	a ₁	Areia lodosa	1,7	0,9 - 4,0	
	a ₂	Areia fina a média, silto-argilosa	1,7	0,0 - 3,8	
	a ₃	Areia média a grosseira, com seixo disperso	1,8	0,25 - 4,6	
	a ₄	Argila silto-arenosa e silte argilo-arenoso	3,3	0,0 - 3,3	
	ØM ₂	Argilitos	1,6	2,0 - 3,6	
	C ₁	Arenitos e arenitos carbonatados	0,9	0,8 - 2,4	
	C ₃	Silte argiloso, algo margoso	1,2	3,4 - 4,6	
Açude do Casal da Rola	Tv/Co	Areia fina, siltosa	0,3	0,0 - 0,3	---
	At	Areia fina, algo micácea	1,7	0,3 - 2,0	
	a ₂	Areia média a grosseira, siltosa	0,3	2,0 - 2,3	
Açude do Casenho	Tv/Co	Areia fina, algo micácea	0,4	0,0 - 0,4	3,0
	a ₀	Areia média a grosseira, siltosa	2,8	0,4 - 3,0	
Ensecadeira	Tv/Co	Areia fina, algo micácea	0,4	0,0 - 0,4	3,0
	a ₀	Areia média a grosseira, siltosa	2,6	0,4 - 3,0	

Geologia: HOLOCÉNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **Tv** - Silte argiloso a argila siltosa, com matéria orgânica (Terra vegetal); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grosseira e grosseira a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS: **ØM₁** - Arenitos subconsolidados; **ØM₂** - Argilitos subconsolidados. CRETÁCICO: **C₁** - Arenito e arenitos carbonatados e calcários; **C₂** - Argilitos; **C₃** - Margas

Os registos individuais de cada poço figuram no tomo dos Anexos e nas peças desenhadas está representada a sua localização.

3.6 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

3.6.1 Amostras em solos

Com o objetivo de caracterizar os solos que ocorrem na zona interessada pelo aproveitamento hidroagrícola, foram realizados ensaios de laboratório sobre amostras remexidas colhidas nos poços de reconhecimento e amostras indeformadas recolhidas nos poços de reconhecimento. Estes ensaios foram realizados entre janeiro e fevereiro de 2019 pela GEOCONTROLE.

Foram ainda considerados os ensaios realizados em 2004 e 2005, no âmbito do “Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”, sobre amostras remexidas colhidas nos poços e amostras indeformadas colhidas nas sondagens. Estes ensaios foram realizados pela COBA, GEOPLANO e GEOSOLVE.

Assim, consideraram-se os seguintes ensaios de laboratório sobre as amostras remexidas:

- Análise granulométrica por peneiração;
- Análise granulométrica por peneiração e sedimentação;
- Determinação dos limites de consistência (liquidez e de plasticidade);
- Determinação do teor em água natural;
- Determinação da densidade das partículas sólidas;
- Ensaio de compactação Proctor normal;
- Ensaio de compactação Proctor modificado.

E sobre as amostras indeformadas consideraram-se os seguintes ensaios de laboratório:

- Análise granulométrica por peneiração;
- Análise granulométrica por peneiração e sedimentação;
- Determinação dos limites de consistência (liquidez e de plasticidade);
- Determinação do teor em água natural;
- Determinação da densidade das partículas sólidas;
- Ensaio de corte direto;
- Ensaio edométrico;
- Ensaio com permeâmetro;
- Ensaio triaxial.

Os boletins individuais dos ensaios figuram no tomo dos Anexos e nas peças desenhadas estão ainda indicados os resultados dos ensaios de identificação e compactação Proctor.

3.6.1.1 Ensaios de identificação, teor em água, densidade das partículas sólidas e classificação geotécnica

Com o objetivo de caracterizar os solos que ocorrem na zona interessada pelo aproveitamento hidroagrícola, foram realizados ensaios de laboratório sobre amostras remexidas colhidas nos poços de reconhecimento.

Após a classificação das amostras remexidas por observação visual, selecionaram-se 60 amostras consideradas representativas dos solos ocorrentes (38 das quais do “Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”), para a execução dos ensaios.

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios de identificação, os solos foram classificados segundo a classificação Unificada (ASTM) e classificação Rodoviária (AASHTO).

No Quadro 3.13 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos em termos de granulometria e sedimentação, limites de consistência, teor em água e densidade das partículas sólidas, assim como das classificações dos solos.

Quadro 3.13 – Resumo dos resultados dos ensaios de identificação, teor em água, densidade das partículas sólidas e classificação geotécnica

Amostra nº	Profund. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	Granulometria (% passada)				Sedimentação		D _{máx.} (mm)	C _u	C _c	Limites de consistência		W _{nat} (%)	G (g/cm ³)	Classificações de solos	
					3/4" (%<19,0mm)	#10 (%<2,0 mm)	#40 (%<0,42mm)	#200 (%<0,074 mm)	%<2μ	Ac				LL (%)	IP (%)			ASTM	AASHTO
P1/1	1,2 - 1,5	Remexida	Silte	a ₀	100	100	99	99	54	0,30	5	---	---	42	16	49,9	2,53	ML	A-7-6 (10)
P1/2	1,5 - 2,4	Remexida	Argila magra	a ₀	100	100	99	93	24	0,50	10	---	---	35	12	55,8	2,62	OL	A-6 (9)
P2/1	0,9 - 3,0	Remexida	Argila magra	a ₄	100	100	100	99	36	0,44	1	---	---	37	16	39,1	2,68	CL	A-6 (10)
P2/2	0,9 - 3,0	Remexida	Argila magra	a ₄	100	100	100	92	22	0,41	1	---	---	29	9	45,4	2,61	CL	A-4 (8)
P2/3	3,0 - 3,3	Remexida	Areia siltosa	a ₀	100	99	92	23	6	---	6	6	2	NR	NP	40,1	2,63	SM	A-2-4 (0)
P4/1	0,65 - 1,3	Remexida	Areia argilosa	a ₄	100	99	81	42	---	---	7	---	---	24	10	14,8	---	SC	A-4 (1)
P4/2	1,3 - 2,7	Remexida	Argila magra	a ₄	100	100	99	99	48	0,54	3	---	---	49	26	34,0	2,66	CL	A-7-6 (14)
P4/3	2,7 - 3,2	Remexida	Areia bem graduada com silte e cascalho	a ₃	90	68	48	8	---	---	40	9	0	NR	NP	16,6	---	SW-SM	A-1-b (0)
P4/4	3,2 - 3,8	Remexida	Areia bem graduada com silte	a ₂	100	89	50	7	---	---	19	5	1	NR	NP	16,4	---	SW-SM	A-1-b (0)
P5/1	0,6 - 1,3	Remexida	Areia argilosa	a ₄	100	96	56	35	---	---	19	---	---	30	13	15,4	---	SC	A-6 (1)
P5/2	1,3 - 2,2	Remexida	Areia mal graduada com cascalho	a ₃	86	75	16	2	---	---	50	4	1	NR	NP	15,3	---	SP	A-1-b (0)
P6/1	0,2 - 1,2	Remexida	Argila silto-arenosa	a ₄	100	95	81	52	---	---	8	---	---	20	7	18,2	---	CL-ML	A-4 (3)
P6/2	1,5 - 2,4	Remexida	Argila magra	a ₄	100	100	99	97	36	0,42	3	---	---	40	15	36,0	2,66	CL	A-6 (10)
P7/1	0,25 - 1,7	Remexida	Areia siltosa	a ₂	94	70	44	14	---	---	38	---	---	NR	NP	10,8	---	SM	A-1-b (0)
P7/2	1,9 - 3,3	Remexida	Silte	a ₄	100	99	97	95	29	0,62	5	---	---	45	18	64,5	2,65	ML	A-7-6 (11)

Amostra n°	Profund. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	Granulometria (% passada)				Sedimentação		D _{máx.} (mm)	C _u	C _c	Limites de consistência		W _{nat} (%)	G (g/cm³)	Classificações de solos	
					3/4" (%<19,0mm)	#10 (%<2,0 mm)	#40 (%<0,42mm)	#200 (%<0,074 mm)	%<2μ	Ac				LL (%)	IP (%)			ASTM	AASHTO
P7/3	3,3 - 4,1	Remexida	Silte arenoso	a ₀	100	90	85	69	10	1,80	11	21	1	47	18	66,2	2,56	ML	A-7-6 (10)
P8/1	0,6 - 2,1	Remexida	Argila magra	a ₄	100	99	98	96	30	0,67	5	---	---	46	20	71,0	2,64	CL	A-7-6 (12)
P8/2	3,9 - 4,2	Remexida	Areia mal graduada com silte	a ₃	100	88	57	9	3	---	10	5	1	NR	NP	26,6	2,65	SP-SM	A-3 (0)
P9	1,3 - 2,2	Remexida	Silte arenoso	a ₀	100	96	81	60	15	0,87	6	---	---	40	13	52,2	2,59	ML	A-6 (6)
P10	0,9 - 1,45	Remexida	Areia argilosa	a ₁	100	89	59	23	---	---	8	---	---	23	8	18,6	---	SC	A-2-4 (0)
P11	2,2 - 4,05	Remexida	Silte plástico arenoso	a ₀	100	90	85	68	13	1,54	11	---	---	55	20	68,0	2,56	MH	A-7-5 (11)
P12/1	0,2 - 1,0	Remexida	Argila magra	a ₄	100	100	100	98	48	0,46	3	---	---	45	22	38,3	2,61	CL	A-7-6 (13)
P12/2	2,0 - 2,6	Remexida	Areia mal graduada com silte	a ₃	100	91	52	6	---	---	19	5	1	NR	NP	20,7	---	SP-SM	A-3 (0)
P13/1	1,3 - 2,3	Remexida	Areia siltosa	a ₂	100	100	98	29	---	---	10	---	---	NR	NP	28,3	---	SM	A-2-4 (0)
P13/2	2,3 - 3,4	Remexida	Argila gorda	a ₄	100	100	100	100	57	0,47	3	---	---	53	27	40,5	2,54	CH	A-7-6 (15)
P14	0,6 - 1,3	Remexida	Areia mal graduada	a ₃	100	83	32	4	---	---	19	5	1	NR	NP	12,9	---	SP	A-1-b (0)
P15	1,2 - 1,9	Remexida	Argila magra	a ₄	100	100	100	93	24	0,79	3	---	---	44	19	66,7	2,61	CL	A-7-6 (12)
P16	0,25 - 1,3	Remexida	Areia mal graduada	a ₃	99	78	31	4	---	---	25	5	1	NR	NP	13,9	---	SP	A-1-b (0)
P17/1	1,1 - 1,7	Remexida	Argila gorda	a ₄	100	100	100	99	---	---	5	---	---	52	23	53,9	---	CH	A-7-6 (13)
P17/2	3,4 - 4,6	Remexida	Argila magra	C ₃	100	99	98	97	59	0,39	6	---	---	49	23	24,1	2,63	CL	A-7-6 (13)
P18/1	0,9 - 2,1	Remexida	Argila gorda	a ₄	100	100	99	98	56	0,63	3	---	---	65	35	45,7	2,52	Ch	A-7-5 (16)
P18/2	2,1 - 2,3	Remexida	Areia siltosa	a ₂	100	99	80	13	---	---	5	---	---	NR	NP	24,4	---	SM	A-2-4 (0)

Amostra nº	Profund. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	Granulometria (% passada)				Sedimentação		D _{máx.} (mm)	C _u	C _c	Limites de consistência		W _{nat} (%)	G (g/cm³)	Classificações de solos	
					3/4" (%<19,0mm)	#10 (%<2,0 mm)	#40 (%<0,42mm)	#200 (%<0,074 mm)	%<2μ	Ac				LL (%)	IP (%)			ASTM	AASHTO
P19	0,9 - 2,8	Remexida	Silte elástico	a ₀	100	100	98	96	31	0,94	3	---	---	65	29	95,9	2,65	MH	A-7-5 (16)
P20/1	0,8 - 1,6	Remexida	Areia argilosa	a ₄	100	90	60	39	---	---	19	---	---	23	9	17,6	---	SC	A-4 (1)
P20/2	2,0 - 3,6	Remexida	Argila magra com areia	ØM ₂	100	98	86	78	---	---	9	---	---	44	20	16,8	---	CL	A-7-6 (12)
P22/1	0,9 - 1,6	Remexida	Argila magra arenosa	a ₄	100	96	81	60	29	0,55	19	---	---	36	16	19,8	2,61	CL	A-6 (7)
P22/2	2,1 - 3,4	Remexida	Areia mal graduada com cascalho	a ₃	97	53	25	3	---	---	38	12	0	NR	NP	10,6	---	SP	A-1-b (0)
PC1	0,1 - 3,7	Remexida	Silte areno-argiloso	a ₀	100	99	97	69	11	0,64	5	38	2	47	7	77,9	2,63	s(OL)	A-5 (8)
PC2	0,0 - 3,2	Remexida	Argila silto-arenosa	a ₄	100	99	92	84	8	2,00	5	16	1	68	16	---	2,56	OH	A-7-5 (14)
PC3	1,5 - 3,0	Remexida	Argila siltosa	a ₄	100	100	99	91	17	0,82	1	---	---	55	14	65,9	2,62	OH	A-7-5 (13)
PC4	0,8 - 1,5	Remexida	Areia fina média com seixo	a ₃	80	77	24	1	---	---	76	3	0	NR	NP	---	---	(SP)g	A-1-b (0)
PC5	0,0 - 2,8	Remexida	Silte argiloso	a ₄	100	100	98	94	11	0,64	2	13	2	51	7	---	2,63	(OH)	A-5(10)
PC6	0,5 - 2,2	Remexida	Areia média a grosseira	a ₂	100	86	36	4	---	---	10	5	0	NR	NP	6,7	---	SP	A-1-b (0)
PC7/1	0,7 - 2,1	Remexida	Argila siltosa	a ₄	100	100	98	95	37	0,57	2	---	---	44	21	28,2	2,7	OL	A-7-6 (13)
PC7/2	2,1 - 3,5	Remexida	Argila siltosa	a ₀	100	100	96	94	17	1,18	2	---	---	57	20	65,9	2,64	OH	A-7-5 (15)
PC8/1	0,2 - 1,1	Remexida	Argila silto-arenosa	a ₄	100	95	83	67	28	0,86	5	---	---	44	24	---	2,71	s(CL)	A-7-6 (13)
PC8/2	1,1 - 3,0	Remexida	Argila siltosa	a ₀	100	100	99	98	15	0,73	1	---	---	54	11	---	2,62	OH	A-7-5 (11)
PC9	1,4 - 3,3	Remexida	Argila silto-arenosa	a ₀	100	93	89	86	13	1,15	11	17	12	62	15	---	2,62	OH	A-7-5 (14)

Amostra n°	Profund. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	Granulometria (% passada)				Sedimentação		D _{máx.} (mm)	C _u	C _c	Limites de consistência		W _{nat} (%)	G (g/cm³)	Classificações de solos	
					3/4" (%<19,0mm)	#10 (%<2,0 mm)	#40 (%<0,42mm)	#200 (%<0,074 mm)	%<2μ	Ac				LL (%)	IP (%)			ASTM	AASHTO
PC10	0,2 - 3,4	Remexida	Silte levemente argiloso	a ₀	100	100	98	95	10	0,30	2	16	2	48	3	77,8	2,61	OL	A-5 (10)
PC11	0,3 - 1,5	Remexida	Areia média a grosseira	a ₂	100	92	45	10	---	---	5	---	---	NR	NP	---	---	SP-SM	A-1-b (0)
PC12	0,3 - 1,5	Remexida	Areia média a grosseira	a ₂	100	90	48	10	---	---	11	10	1	NR	NP	19,2	---	SW-SM	A-1-b (0)
PC13	0,2 - 3,0	Remexida	Argila siltosa	a ₀	100	100	96	94	15	0,93	2	---	---	66	14	96,0	2,61	OH	A-7-5 (14)
PC14	0,4 - 1,3	Remexida	Areia média a grosseira	a ₂	100	92	32	8	---	---	10	5	1	NR	NP	13,9	---	SP-SM	A-1-b (0)
PC15	1,0 - 3,2	Remexida	Argila siltosa	a ₀	100	100	98	95	15	1,87	2	---	---	82	28	100,0	2,63	OH	A-7-5 (19)
PC16	1,3 - 3,4	Remexida	Argila siltosa	a ₀	100	100	100	100	37	0,89	0	---	---	79	33	---	2,61	OH	A-7-5 (20)
PC17	1,0 - 2,0	Remexida	Argila siltosa	a ₀	100	99	98	97	21	0,62	5	---	---	39	13	---	2,71	OL	A-6 (9)
PC18	2,5 - 3,4	Remexida	Argila silto-arenosa	ØM ₂	100	98	84	57	32	0,66	5	---	---	42	21	17,5	2,7	s(CL)	A-7-6 (9)
PC19	0,3 - 2,0	Remexida	Areia fina média	At	100	94	50	5	---	---	10	3	1	NR	NP	7,0	---	SP-SM	A-1-b (0)
PC20	0,4 - 2,8	Remexida	Areia fina média, siltosa	a ₁	100	97	81	30	9	---	11	104	9	NR	NP	12,4	2,68	SM	A-2-4 (0)
PC21	1,5 - 3,6	Remexida	Argila siltosa	a ₀	100	100	99	96	20	0,85	1	---	---	44	17	44,1	2,71	OL	A-7-6 (12)
S1/1	2,0 - 2,5	Indeformada	Silte arenoso	a ₀	100	100	93	50	14	---	2	70,77	2,71	NR	NP	57,4	2,502	ML	A-4 (3)
S1/2	5,0 - 5,5	Indeformada	Silte arenoso	a ₀	100	98	88	61	34	---	11	---	---	NR	NP	69,2	2,543	ML	A-4 (5)
S3/1	5,0 - 5,5	Indeformada	Silte com areia	a ₀	100	96	92	77	43	---	10	---	---	NR	NP	69,3	2,530	ML	A-4 (8)
S3/2	6,5 - 7,0	Indeformada	Silte arenoso	a ₀	100	95	80	65	28	---	10	---	---	NR	NP	66,5	2,530	ML	A-4 (6)

Amostra nº	Profund. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	Granulometria (% passada)				Sedimentação		D _{máx.} (mm)	C _u	C _c	Limites de consistência		W _{nat} (%)	G (g/cm³)	Classificações de solos	
					3/4" (%<19,0mm)	#10 (%<2,0 mm)	#40 (%<0,42mm)	#200 (%<0,074 mm)	%<2µ	Ac				LL (%)	IP (%)			ASTM	AASHTO
S3/3	8,0 - 8,5	Indeformada	Silte com areia	a ₀	100	96	88	76	38	---	10	---	---	NR	NP	85,5	2,531	ML	A-4 (8)
S4/1	6,5 - 7,0	Indeformada	Silte com areia	a ₀	100	99	82	74	31	---	10	---	---	NR	NP	88,4	2,468	ML	A-4 (8)
S4/2	8,0 - 8,5	Indeformada	Areia siltosa com cascalho	a ₀	100	85	45	26	16	---	11	---	---	NR	NP	39,8	2,622	SM	A-2-4 (0)
S5	4,0 - 4,5	Indeformada	Areia siltosa	a ₀	100	86	47	13	5	---	11	36,11	3,42	NR	NP	79,6	2,593	SM	A-1-b (0)

NOTAS: # - peneiro; Ac -Atividade das argilas (IP/%<2µ); D_{máx.} - Diâmetro máximo do material da amostra; C_u - Coeficiente de uniformidade (D₆₀/D₁₀); C_c - Coeficiente de curvatura (D₃₀²/(D₆₀-D₁₀); LL - Limite de liquidez; IP - Índice de plasticidade; W_{nat} - Teor em água natural; G - Densidade das partículas sólidas; **ASTM** - Classificação unificada; **AASHTO** - Classificação rodoviária

Geologia: HOLOCÉNICO: **A₁** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grosseira e grosseira a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS: **ØM₂** - Argilitos subconsolidados. CRETÁCICO: **C₃** - Margas

Na Figura 3.6 apresentam-se as curvas granulométricas das amostras ensaiadas.

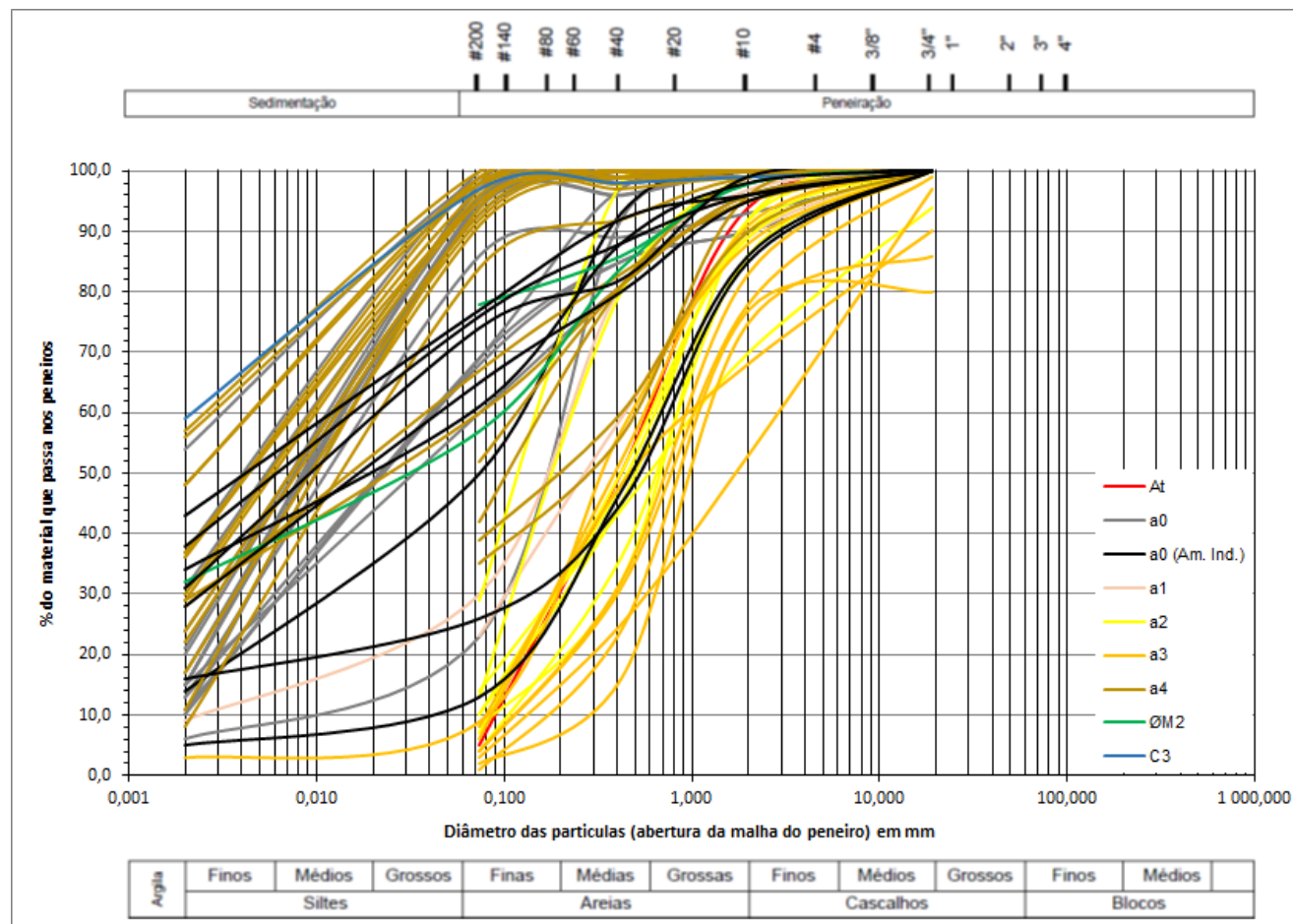


Figura 3.6 - Curvas granulométricas dos solos ocorrentes na zona em estudo

Relativamente à fração argilosa existente nos solos analisados, a carta de plasticidade da Figura 3.7 mostra que a maior parte dos solos, em que foi possível fazer a determinação dos limites de consistência, correspondem a materiais dos depósitos aluvionares das unidades a_0 e a_4 . Verifica-se ainda que os solos da unidade a_0 se classificam essencialmente como ML ou OL e MH ou OH e os da unidade a_4 como CL ou OL e CH ou OH. As 2 amostras existentes da formação do Paleogénico e Miocénico Indiferenciados (ØM_2) classificam-se como CL ou OL. Os restantes solos ensaiados foram considerados não plásticos (NP).

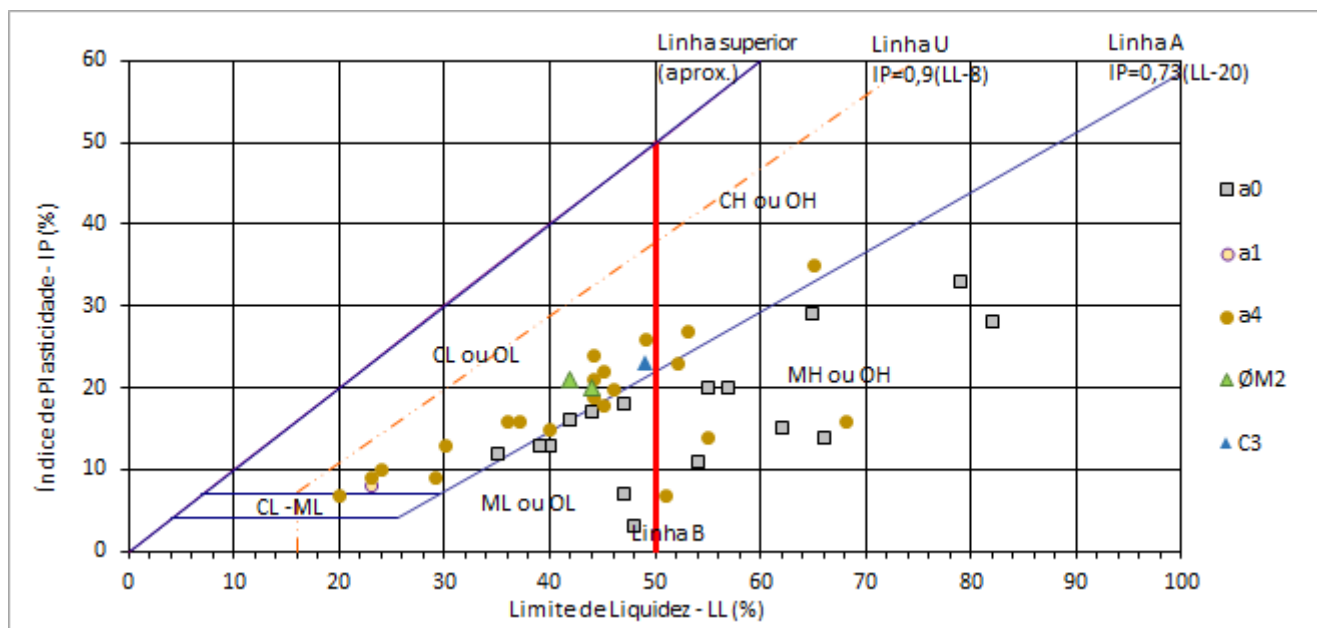
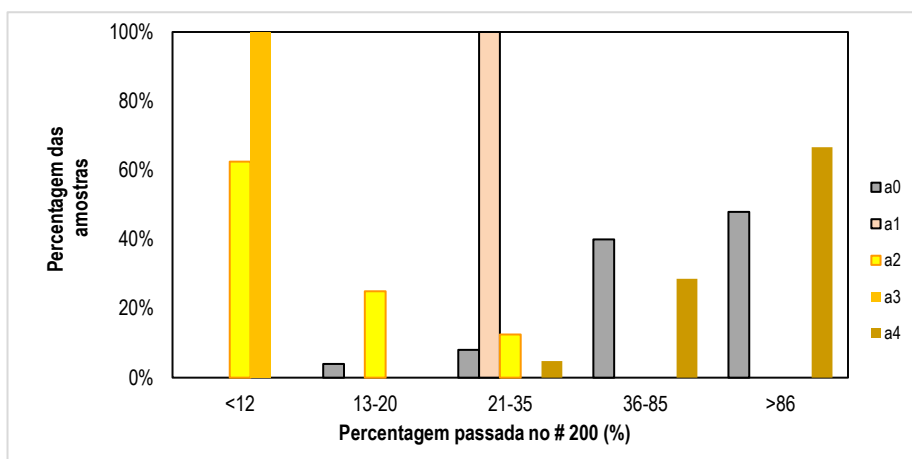


Figura 3.7 - Ábaco de plasticidade de Casagrande

Na Figura 3.8 apresentam-se os gráficos com a distribuição da percentagem de finos e limites de consistência para as 5 unidades dos depósitos aluvionares (a_0 , a_1 , a_2 , a_3 e a_4).



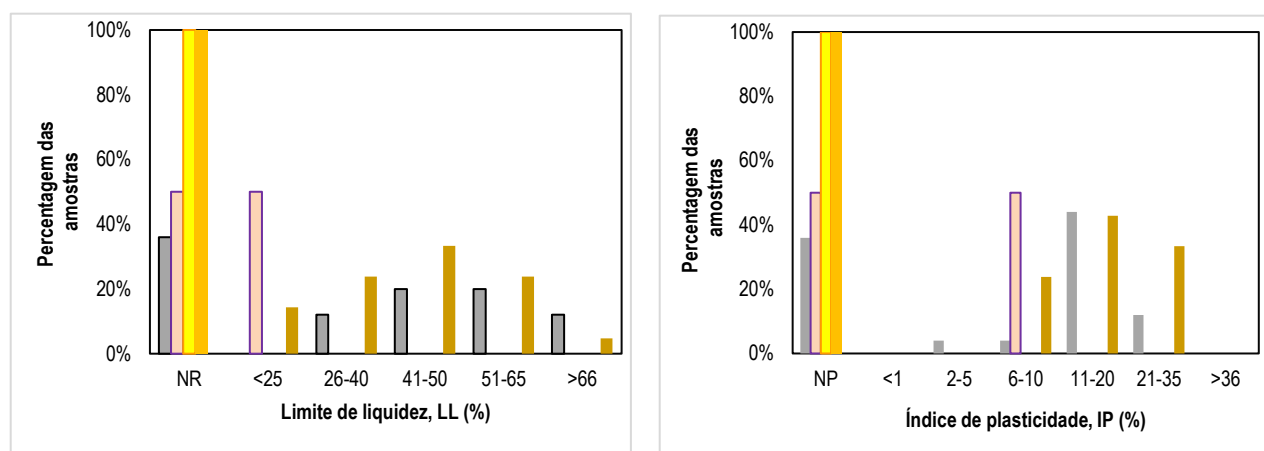


Figura 3.8 - Distribuição da percentagem de finos (% passada no # 200) e limites de consistência dos depósitos aluvionares

Na unidade a_1 foram apenas colhidas 2 amostras, pelo que, apesar de apresentados nos gráficos, estas não têm valor estatístico.

Da observação da figura verifica-se que nas unidades de a_0 e a_4 o número de amostras aumenta proporcionalmente ao aumento da percentagem de finos e que na a_2 esta relação é inversa, isto é, a percentagem de amostras diminui com o aumento da percentagem de finos. No caso da unidade a_3 , todas as amostras apresentam menos de 12% de material passado no #200.

Relativamente aos limites de consistência, verifica-se que todas as amostras das unidades a_2 e a_3 são não plásticas, enquanto que nas da a_0 e a_4 a variabilidade é grande. No caso da unidade a_0 não foi possível na maior parte das amostras realizar os limites de liquidez (NR), pelo que são consideradas não plásticas (NP). As amostras da unidade a_4 apresentam valores de limite de liquidez entre 41 e 50 (mínimo e máximo) e de índice de plasticidade entre valores de 6 e 35.

A Figura 3.9 e Figura 3.10 mostram a distribuição dos solos em termos de teor em água natural e densidade das partículas sólidas, respetivamente.

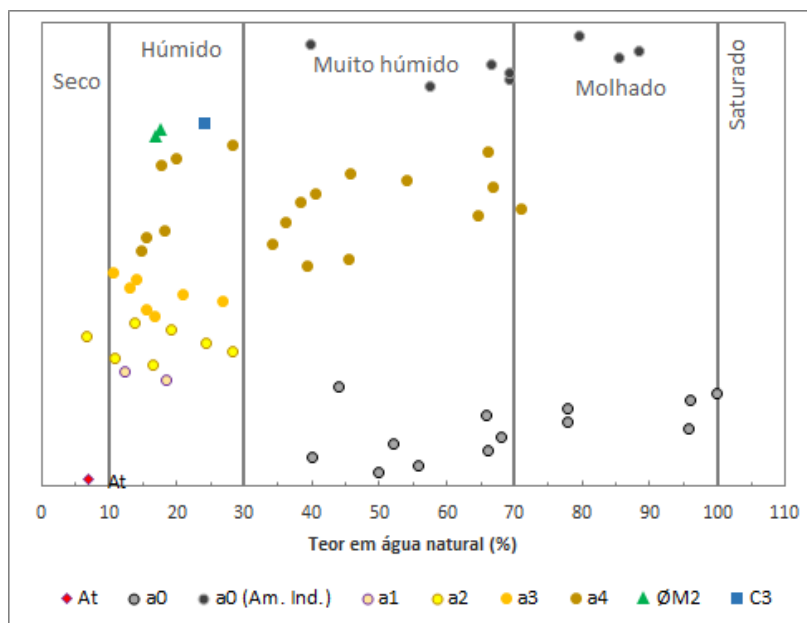


Figura 3.9 - Distribuição dos valores do teor em água natural , W_{nat}

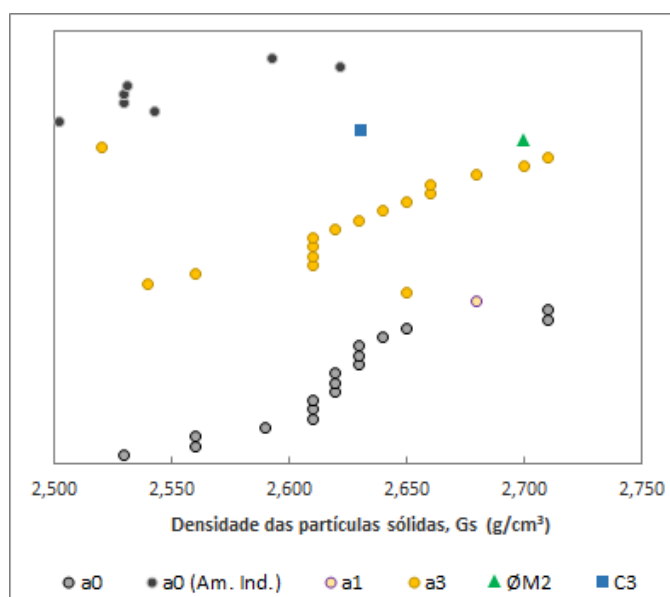


Figura 3.10 - Distribuição dos valores da densidade das partículas sólidas, G_s

No Quadro 3.14 apresenta-se o resumo dos resultados dos ensaios de identificação, teor em água, densidade das partículas sólidas e classificação geotécnica, em termos de formação geológica.

Quadro 3.14 - Resumo dos resultados dos ensaios e classificação geotécnica, em termos de formação geológica

Material		Análise granulométrica			Sedimentação	Limites de consistência		W _{nat} (%)	Gs (g/cm³)	Classificações de solos	
		% < #10	% < #40	% < #200		%<2μ	LL (%)			IP (%)	ASTM
At	Intervalos	94	50	5	---	NR	NP	7,0	---	SP-SM	A-1-b
	Valores frequentes	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
a ₀	Intervalos	85 – 100	45 – 100	13 - 100	5 - 54	NR - 82	NP - 33	40 - 100	2,470 - 2,710	ML, OL, OH, MH e SM	A-7-6, A-7-5, A-6, A-5, A-4, A-2-4 e A-1-b
	Valores frequentes	96 – 100	85 - 98	65 - 95	13 - 31	NR - 55	NP - 17	56 - 80	2,540 - 2,630	ML, OL e OH	A-7-5 e A-4
a ₁	Intervalos	89 - 97	59 - 81	23 – 30	9	NR – 23	NP – 8	12 - 19	2,680	SC e SM	A-2-4
	Valores frequentes	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
a ₂	Intervalos	70 – 100	32 - 98	4 - 29	---	NR	NP	7 – 28	---	SM, SP-SM, SW-SM e SP	A-1-b e A-2-4
	Valores frequentes	88 – 94	42 - 58	8 – 13	---	NR	NP	12 - 22	---	SM	A-1-b
a ₃	Intervalos	53 – 91	16 - 57	1 - 9	3	NR	NP	11 – 27	2,650	SP, SP-SM e SW-SM	A-1-b e A-3
	Valores frequentes	73 - 84	25 - 49	3 - 7	---	NR	NP	13 – 19	---	SP	A-1-b
a ₄	Intervalos	90 – 100	56 - 100	35 - 100	8 – 57	20 – 68	7 – 35	15 – 71	2,520 – 2,710	CL, CH, OL, OH, CL-ML, ML e SC	A-7-6, A-7-5, A-6, A-5 e A-4
	Valores frequentes	99 – 100	83 - 100	67 - 98	24 - 40	36 – 51	13 – 22	22 – 52	2,610 – 2,660	CL	A-7-6
ØM ₂	Intervalos	98	84 - 86	57 – 78	32	42 – 44	20 – 21	17 – 18	2,700	CL	A-7-6
	Valores frequentes	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C ₃	Intervalos	99	98	97	59	49	23	24	2,630	CL	A-7-6
	Valores frequentes	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

NOTAS: # - Peneiro; LL - Limite de liquidez; IP - Índice de plasticidade; NR - Não realizável; NP - Não plástico; W_{nat} - Teor em água natural; G - Densidade das partículas sólidas; ASTM - Classificação unificada; AASHTO - Classificação rodoviária

Geologia: HOLOCÉNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grosseira e grosseira a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. **PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS:** **ØM₂** - Argilitos subconsolidados. **CRETÁCICO:** **C₃** - Margas

Da observação dos resultados dos ensaios de identificação, teor em água e densidade das partículas sólidas das amostras recolhidas, verifica-se que:

✓ **Aterros (At)**

A única amostra ensaiada é constituída por areia fina a média, com uma percentagem de finos da ordem dos 5%, não plástica e com um teor em água natural de 7%, sendo classificada como SP-SM (ASTM) e A-1-b (AASHTO).

✓ **Depósitos aluvionares - a₀**

Foram ensaiadas 25 amostras constituídas essencialmente por argilas siltosas com grande componente orgânica e siltes arenosos com elevada percentagem de finos. A percentagem de material passado no #200 varia entre 13 e 100% (com valores mais frequentes entre 65 e 95%), o limite de liquidez entre NR e 82% (com valores mais frequentes entre NR e 55%) e o índice de plasticidade entre NP e 33% (com valores mais frequentes entre NP e 17%). O valor do teor em água natural varia entre cerca de 40 e 100% (com valores mais frequentes entre 56 e

80%) e a densidade das partículas sólidas entre 2,470 e 2,710 g/cm³ (com valores mais frequentes entre 2,540 e 2,630 g/cm³).

Segundo a classificação unificada, os solos são classificados, essencialmente, como ML, mas também como OL, OH, MH e SM. A classificação rodoviária mostra alguma variabilidade de materiais, predominando contudo os solos A-7-5, mas com um número significativo de amostras A-7-6, A-6 e A4 (Figura 3.11).

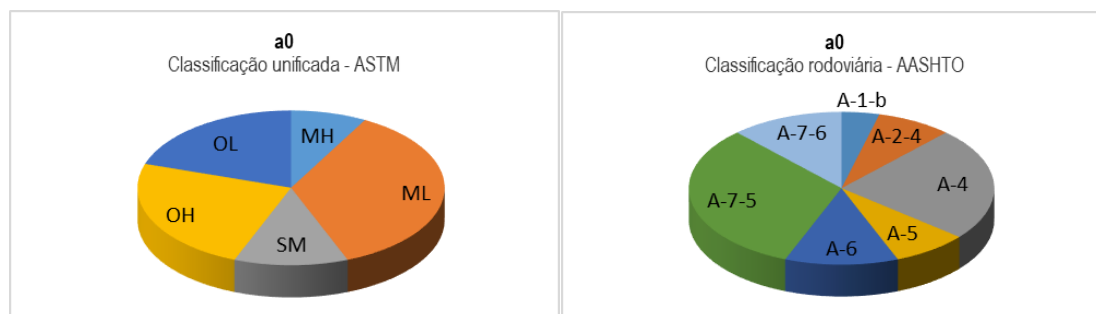


Figura 3.11 – Classificações Unificada (ASTM) e Rodoviária (AASHTO) da unidade a₀

✓ **Depósitos aluvionares - a₁**

Foram ensaiadas duas amostras constituídas essencialmente por areia fina a média, siltosa, e areia argilosa. A percentagem de material passado no #200 varia entre 23 e 30%, o limite de liquidez entre NR e 23% e o índice de plasticidade entre NP e 8% (uma amostra revela-se não plástica e a outra com LL=23% e IP=8%). O valor da densidade das partículas é de 2,680 g/cm³ e o teor em água natural varia entre 12,4 e 18,6%.

As amostras foram classificadas como SC e SM pela classificação ASTM e como A-2-4 pela classificação AASHTO.

✓ **Depósitos aluvionares - a₂**

Foram ensaiadas 25 amostras constituídas essencialmente por areia siltosa e areia média a grossa. A percentagem de material passado no #200 varia entre 4 e 29% (com valores mais frequentes entre 8 e 13%), sendo a unidade não plástica. O valor do teor em água natural varia entre 7 e 28 (com valores mais frequentes entre 12,4 e 21,8%).

Segundo a classificação unificada, os solos são classificados essencialmente como SM, mas também como SP-SM, SW-SM e SP. A classificação rodoviária mostra predominantemente solos A-1-b, ocorrendo também solos A-2-4 num quarto das amostras (Figura 3.12).

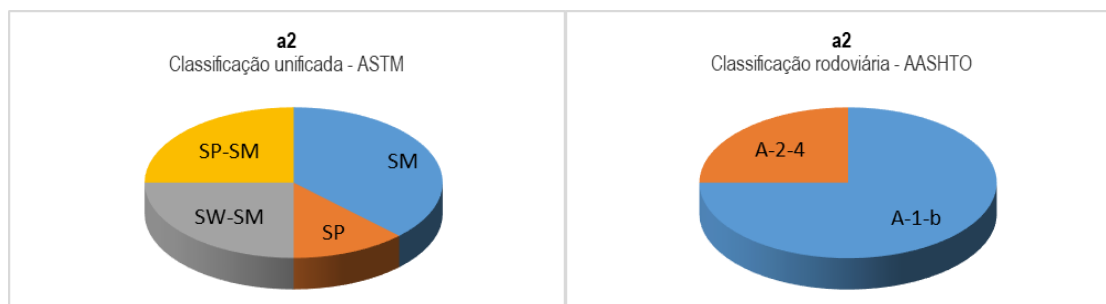


Figura 3.12 – Classificações Unificada (ASTM) e Rodoviária (AASHTO) da unidade a₂

✓ Depósitos aluvionares - a₃

Foram ensaiadas 8 amostras constituídas essencialmente por areia mal graduada, por vezes com silte e/ou cascalho. A percentagem de material passado no #200 varia entre 1 e 9% (com valores mais frequentes entre 3 e 7%), sendo a unidade não plástica. O valor do teor em água natural varia entre cerca de 11 e 27% (com valores mais frequentes entre 13 e 19%) e a densidade das partículas sólidas é de 2,650 g/cm³.

Segundo a classificação unificada mais de metade dos solos são classificados como SP, mas também como SP-SM e SW-SM. A classificação rodoviária mostra solos predominantemente solos A-1-b, ocorrendo também A-3, em um quarto das amostras (Figura 3.13).

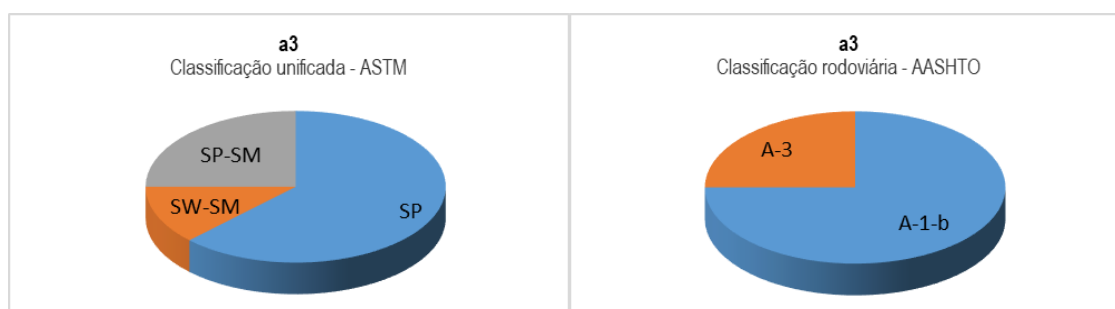


Figura 3.13 – Classificações Unificada (ASTM) e Rodoviária (AASHTO) da unidade a₃

✓ Depósitos aluvionares - a₄

Foram ensaiadas 21 amostras constituídas essencialmente por argilas magras, mas também por argilas gordas, solos orgânicos e areias com elevada fração fina. A percentagem de material passado no #200 varia entre 35 e 100% (com valores mais frequentes entre 67 e 98%), o limite de liquidez entre 20 e 68% (com valores mais frequentes entre 36 e 51%) e o índice de plasticidade entre 7 e 35% (com valores mais frequentes entre 13 e 22%). O valor do teor em água natural varia entre cerca de 15 e 71% (com valores mais frequentes entre 22 e 52%) e a densidade das partículas sólidas entre 2,520 e 2,710 g/cm³ (com valores mais frequentes entre 2,610 e 2,660 g/cm³).

Segundo a classificação unificada, os solos são classificados, essencialmente, como CL, mas também como CH, OH e SC e, num número mais reduzido de amostras, como OL, CL-ML e ML. A classificação rodoviária mostra alguma variabilidade de materiais, predominando contudo os solos A-7-6, mas ocorrendo também solos A-7-5, A-6, A-4 e, marginalmente, A-5 (Figura 3.14).

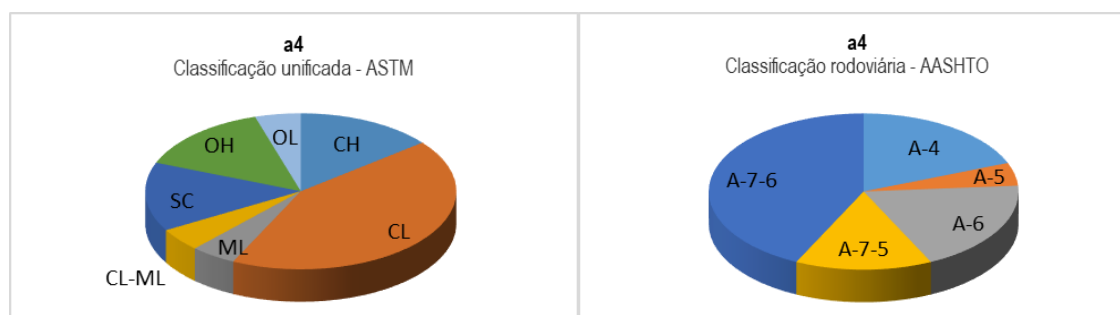


Figura 3.14 – Classificações Unificada (ASTM) e Rodoviária (AASHTO) da unidade a₄

✓ **Paleogénico e Miocénico indiferenciados - ØM₂**

Foram ensaiadas 2 amostras constituídas essencialmente por argila silto-arenosa e argila magra com areia. A percentagem de material passado no #200 varia entre 57 e 78%, o limite de liquidez entre 42 e 44% e índice de plasticidade entre 20 e 21%. O valor do teor em água natural varia entre cerca de 17 e 18% e a densidade das partículas sólidas é de 2,700 g/cm³.

Os solos classificam-se como CL pela ASTM e como A-7-6 pela AASHTO.

✓ **Cretácico - C₃**

A única amostra ensaiada é constituída por argila magra, com uma percentagem de finos de 97%, limite de liquidez de 49% e índice de plasticidade de 23%. O teor em água natural é de cerca de 24% e a densidade das partículas de 2,630 g/cm³. A amostra Classifica-se como CL (ASTM) e A-7-6 (AASHTO).

A Figura 3.15 e Figura 3.16 mostram que as argilas das unidades a₀ e a₄ são essencialmente inativas e normais (Skempton 1953) ou com atividade média e baixa (Van Der Merwe modificada por Williams & Donaldson, 1980). As amostras das formações do Paleogénico e Miocénico indiferenciados e do Cretácico exibem argilas inativas (Skempton 1953) ou com atividade média e baixa (Van Der Merwe modificada por Williams & Donaldson, 1980), respetivamente.

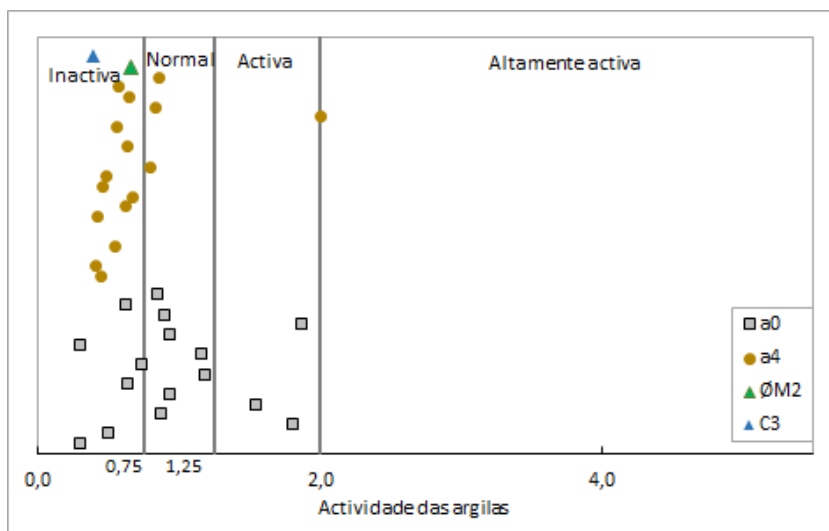


Figura 3.15 – Distribuição dos solos em função da atividade da fração argilosa de acordo com Skempton (1953)

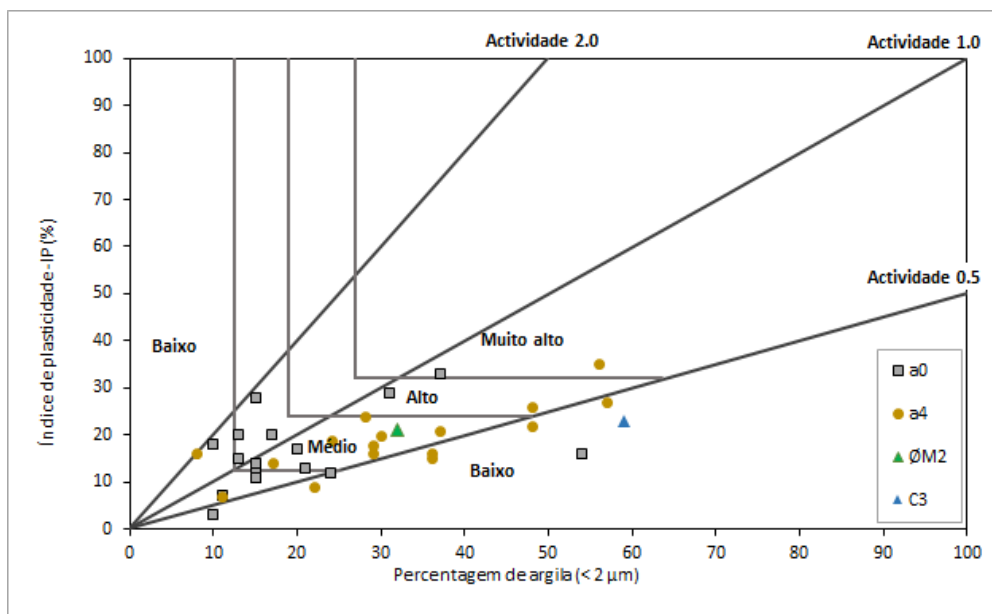


Figura 3.16 – Distribuição dos solos em função da atividade da fração argilosa pela Carta de Van Der Merwe modificada por Williams & Donaldson (1980)

A Figura 3.17 mostra que na maior parte dos solos amostrados a expansibilidade é baixa, apesar de se verificarem pontualmente solos de expansibilidade média, essencialmente na formação a_4 .

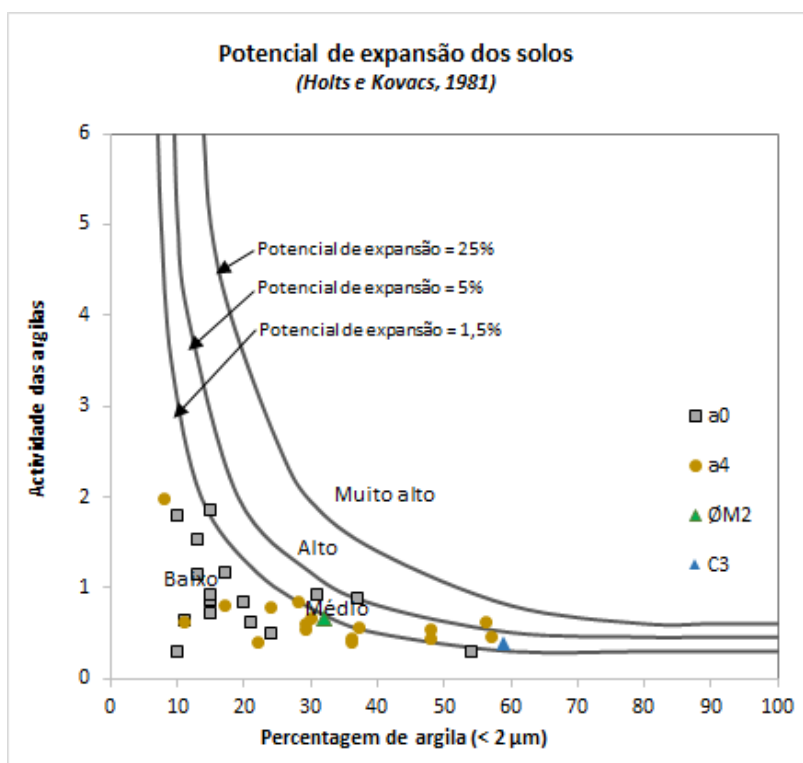


Figura 3.17 – Classificação do potencial de expansão do solo em função da relação entre a percentagem de argila e a atividade (Holts and Kovacs, 1981)

3.6.1.2 Ensaio de compactação Proctor

A compactação é um processo que visa reduzir o volume de vazios do solo, de forma a melhorar as suas características de resistência, deformabilidade e permeabilidade dos solos. Assim, sobre 4 amostras remexidas colhidas nos poços foram realizados ensaios de compactação do tipo Proctor normal para determinar a baridade seca máxima ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) e o teor ótimo de humidade ($W_{\acute{o}pt}$), de modo a caracterizar os materiais ocorrentes em termos de classificação geotécnica e de compactação.

No Quadro 3.15 apresenta-se a análise dos resultados dos ensaios de compactação Proctor normal e indicam-se os resultados obtidos.

Quadro 3.15 - Resumo dos resultados dos ensaios de compactação Proctor normal

Poço nº	Profund. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	% passada #200	Limites de consistência		W _{nat} (%)	Classificações		Compactação Proctor Normal	
						LL (%)	IP (%)		ASTM	AASHTO	W _{ópt} (%)	$\gamma_{dm\acute{a}x}$ (g/cm ³)
PC1	0,10 - 3,7	Remexida	Silte areno-argiloso	a ₀	69	47	7	77,9	s(OL)	A-5 (8)	26,50	1,280
PC3	1,5 - 3,0	Remexida	Argila siltosa, levemente arenosa	a ₄	91	55	14	65,9	OH	A-7-5 (13)	26,60	1,230
PC6	0,5 - 2,2	Remexida	Areia média a grosseira	a ₂	4	NR	NP	6,7	SP	A-1-b (0)	13,30	1,850
PC7/1	0,7 - 2,1	Remexida	Argila siltosa	a ₄	95	44	21	28,2	OL	A-7-6 (13)	21,10	1,640
PC10	0,2 - 3,4	Remexida	Silte, levemente argiloso	a ₀	95	48	3	77,8	OL	A-5 (10)	34,50	1,160
PC12	0,3 - 1,5	Remexida	Areia média a grosseira	a ₂	10	NR	NP	19,2	SW-SM	A-1-b (0)	11,90	1,890
PC15	1,0 - 3,2	Remexida	Argila siltosa	a ₀	95	82	28	100,0	OH	A-7-5(19)	41,80	1,020
PC18	2,5 - 3,4	Remexida	Argila silto-arenosa	ØM ₂	57	42	21	17,5	s(CL)	A-7-6 (9)	16,10	1,720

NOTAS: # - Peneiro; LL - Limite de liquidez; IP - Índice de plasticidade; W_{nat} - Teor em água natural; ASTM - Classificação unificada; AASHTO - Classificação rodoviária; W_{ópt} - Teor em água ótimo; $\gamma_{dm\acute{a}x}$ - Baridade (massa específica aparente) seca máxima

Geologia: HOLOCÉNICO: a₀ - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; a₂ - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; a₄ - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS: ØM₂ - Argilitos subconsolidados

Na Figura 3.18 apresenta-se variação da percentagem de finos (% < #200) com o teor em água ótimo ($W_{\acute{o}pt}$) e o peso volúmico aparente de seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) e o teor em água ótimo ($W_{\acute{o}pt}$) vs. a baridade seca máxima ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) e na Figura 3.19 as curvas de compactação.

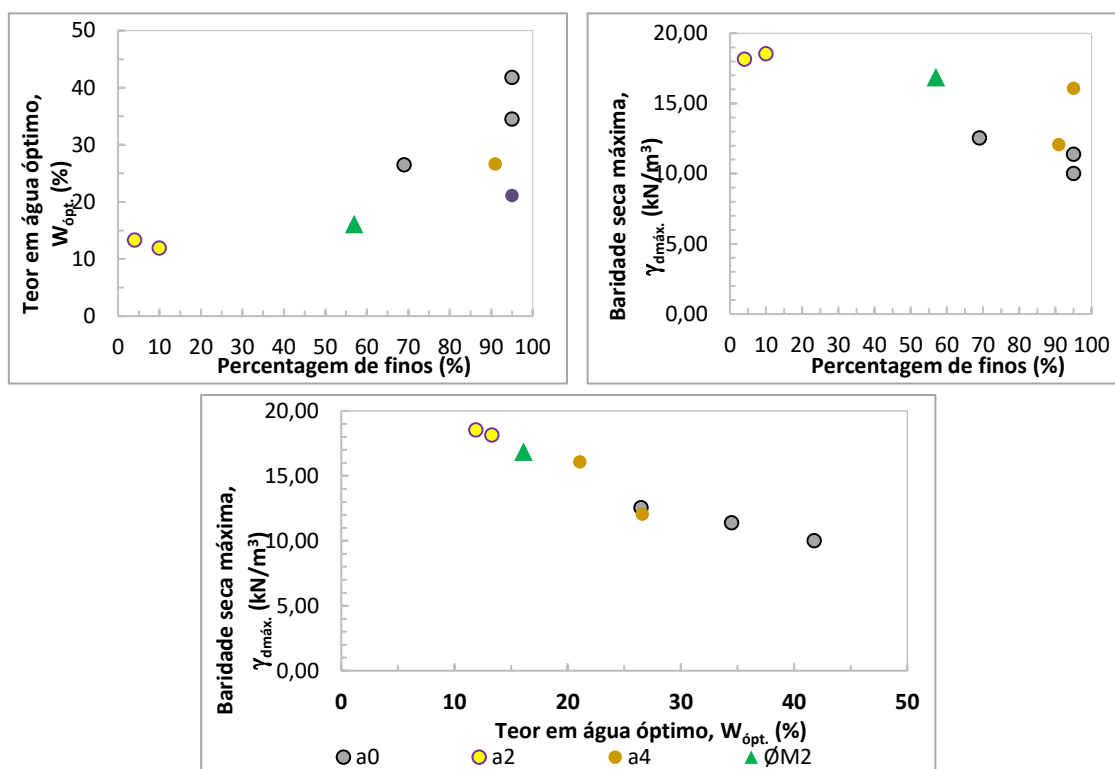


Figura 3.18 - Distribuição dos solos em função da variação da percentagem de finos com o teor em água ótimo e com a baridade seca máxima e o teor em água ótimo versus baridade seca máxima.

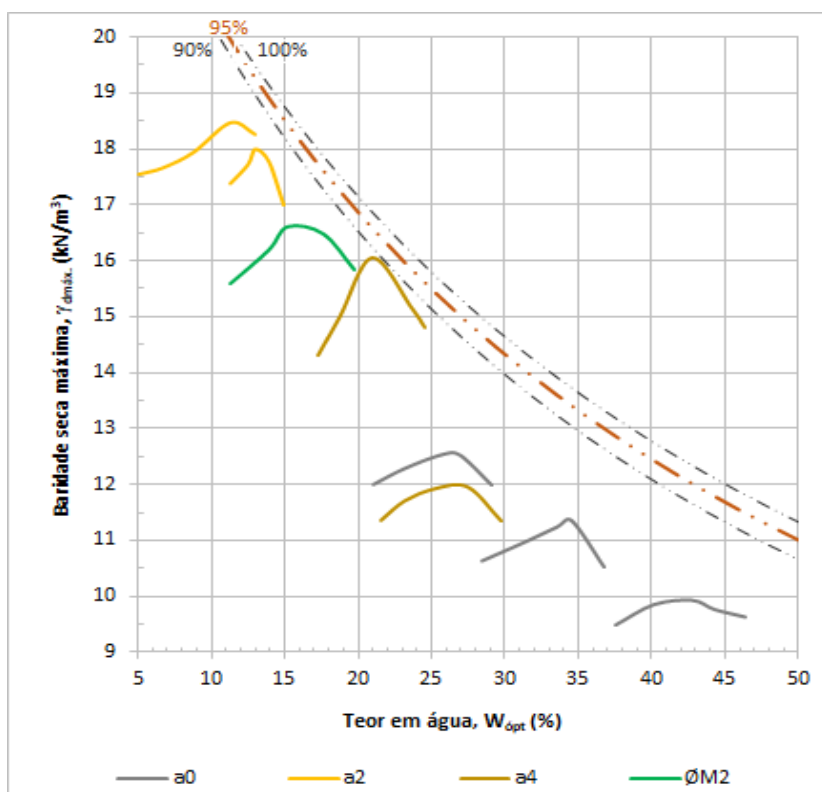


Figura 3.19 - Curvas de compactação dos ensaios Proctor normal

Da observação dos resultados dos ensaios de compactação Proctor normal, verifica-se que:

✓ **Depósitos aluvionares da formação a_0**

Das 3 amostras ensaiadas, obtiveram-se valores de peso volúmico aparente seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) entre de 10,2 e 12,8 kN/m³, para teores em água ótimo ($W_{\acute{o}pt}$) variáveis entre 26,5 e 41,8%.

✓ **Depósitos aluvionares da formação a_2**

Das 2 amostras ensaiadas obtiveram-se valores de peso volúmico aparente seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) entre de 18,5 e 18,9 kN/m³, para teores em água ótimo ($W_{\acute{o}pt}$) variáveis entre 11,9 e 13,3%.

✓ **Depósitos aluvionares da formação a_4**

Das 2 amostras ensaiadas obtiveram-se valores de peso volúmico aparente seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) entre de 12,3 e 16,4 kN/m³, para teores em água ótimo ($W_{\acute{o}pt}$) variáveis entre 21,1 e 26,6%.

✓ **Paleogénico e Miocénico indiferenciados ØM_2**

Da única amostra ensaiada nesta formação, obteve-se o valor de peso volúmico aparente seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) de 17,2 kN/m³, para um teor em água ótimo ($W_{\acute{o}pt}$) de 16,1%.

Refere-se que se observa em todas as amostras ensaiadas (exceto na amostra da formação a_2 obtida no poço PC6) que os valores do teor em água natural (W_{nat}) são sempre mais elevados do que o do teor em água do ótimo ($W_{\acute{o}pt}$), pelo que deverá ser tida em consideração a eventual necessidade de arejamento destes solos no caso da colocação destes materiais em aterro e durante os trabalhos de compactação, de modo a assegurar as condições adequadas e necessárias para estes trabalhos.

3.6.1.3 Ensaio de corte direto

Foram considerados os 6 ensaios de corte direto realizados em 2005, no âmbito do “Projeto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”.

Os ensaios de corte direto foram realizados sobre amostras indeformadas de solos provenientes dos depósitos aluvionares da formação a_0 (essencialmente siltes arenosos com fragmentos de conchas) e visaram determinar as características de resistência ao corte dos solos. A realização deste ensaio permite obter a relação entre a tensão de corte medida na rotura e a tensão normal aplicada. A partir desta determina-se o ângulo de atrito interno (declive da reta) e a coesão do solo (interceção na origem). No Quadro 3.16 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos.

Quadro 3.16 - Resumo dos resultados dos ensaios de corte direto

Amostra nº	Prof. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	% passada #200	Limites de consistência		W _{nat} (%)	Classificações		Ensaio de corte direto	
						LL (%)	IP (%)		ASTM	AASHTO	c (kN/m ²)	Ø (°)
S1/1	2,0 - 2,5	Indeformada	Silte arenoso	a ₀	50	NR	NP	57,4	ML	A-4 (3)	14	20
S1/2	5,0 - 5,5	Indeformada	Silte arenoso	a ₀	61	NR	NP	69,2	ML	A-4 (5)	13	23
S3/1	5,0 - 5,5	Indeformada	Silte com areia	a ₀	77	NR	NP	69,3	ML	A-4 (8)	6	10
S3/2	6,5 - 7,0	Indeformada	Silte arenoso	a ₀	65	NR	NP	66,5	ML	A-4 (6)	6	12
S3/3	8,0 - 8,5	Indeformada	Silte com areia	a ₀	76	NR	NP	85,5	ML	A-4 (8)	9	10
S4/1	6,5 - 7,0	Indeformada	Silte com areia	a ₀	74	NR	NP	88,4	ML	A-4 (8)	11	7

NOTAS: # - Peneiro; LL - Limite de liquidez; IP - Índice de plasticidade; W_{nat} - Teor em água natural; ASTM - Classificação unificada; AASHTO - Classificação rodoviária; c - Coesão; Ø - Ângulo de atrito interno

Geologia: HOLOCÉNICO a₀ - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas

Da observação dos resultados obtidos, verifica-se que estes ensaios de corte direto, não consolidados e não drenados, mostram uma coesão variável entre 6 e 14 kN/m² e um ângulo de atrito entre 7 e 23°.

3.6.1.4 Ensaio edométrico

Foram ainda considerados os 2 ensaios edométricos realizados em 2005, no âmbito do “Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”.

Estes ensaios edométricos sobre amostras indeformadas de solo provenientes dos depósitos aluvionares da formação a₀ visaram determinar as características de consolidação do solo.

Em função da natureza do solo e das condições reais encontradas foram definidos 7 estágios de tensão de consolidação, tendo os provetes sido submetidos a uma tensão vertical máxima de 800 kPa.

No Quadro 3.17 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos.

Quadro 3.17 - Resumo dos resultados dos ensaios edométricos

Sond. nº	Prof. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	% passada #200	Limites de consistência		W _{nat} (%)	Classificações		Ensaio Edométrico		
						LL (%)	IP (%)		ASTM	AASHTO	σ' _p (kPa)	e ₀	C _c
S1/1	2,0 - 2,5	Indeformada	Silte arenoso	a ₀	50	NR	NP	57,4	ML	A-4 (3)	70	1,952	0,55
S3/1	5,0 - 5,5	Indeformada	Silte com areia	a ₀	77	NR	NP	69,3	ML	A-4 (8)	51	2,86	0,98

NOTAS: # - peneiro; D_{máx.} - Diâmetro máximo do material da amostra; LL - Limite de liquidez; IP - Índice de plasticidade; W_{nat} - Teor em água natural; ASTM - Classificação unificada; AASHTO - Classificação rodoviária; σ'_p - tensão de pré-consolidação; e₀ - índice de vazios inicial; C_c - índice de compressibilidade

Geologia: HOLOCÉNICO a₀ - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas

Efetou-se a construção proposta por Casagrande para determinação da tensão de pré-consolidação (σ'_p) do solo de ambos os ensaios edométricos.

Para a amostra indeformada S3/1 (AI3) recolhida na sondagem S3, entre 5,0 e 5,5 m de profundidade, a tensão de pré-consolidação é de cerca de 51 kPa. A tensão efetiva vertical de repouso (σ'_{v0}) apresenta um valor semelhante ao da tensão efetiva instalada no solo (σ'_p), o que indica um solo normalmente consolidado.

Quanto à amostra indeformada S3/1 (AI1) recolhida na sondagem S1, entre 2,0 e 2,5 m de profundidade, a tensão de pré-consolidação é de cerca de 70 kPa. Neste caso trata-se de um solo sobreconsolidado dado que a tensão efetiva vertical de repouso (σ'_{v0}) é inferior à máxima tensão efetiva instalada no solo (σ'_p).

A diferença no estado de consolidação entre estas duas amostras está relacionada com a profundidade, ou seja, com o nível freático. O solo da S3/1 (AI3) está constantemente abaixo do nível freático, pelo que o material está constantemente saturado, enquanto o solo da S3/1 (AI1), recolhido mais superficialmente, está sujeito a constantes variações do nível freático, isto é, a ciclos de molhagem e secagem e consequentemente à dessecação do material.

3.6.1.5 Ensaio de permeabilidade

Os ensaios de permeabilidade visaram avaliar o coeficiente de permeabilidade e estimar a vazão com que a percolação da água ocorre através dos poros dos solos. Como a porosidade nas areias é, em regra, grande, o fluxo de água através destes solos é significativamente maior do que nas argilas. Deste modo, foram realizados 11 ensaios de permeabilidade em permeâmetro sobre amostras de solos dos depósitos aluvionares a_0 e a_4 e de uma amostra do Paleogénico e Miocénico Indiferenciados ($\emptyset M_2$).

No Quadro 3.18 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos e na Figura 3.20 e faz-se a classificação dos solos em termos de permeabilidade, de acordo com Terzaghi & Peck (1967).

Quadro 3.18– Resumo dos resultados dos ensaios de permeabilidade em permeâmetro

Poço nº	Prof. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	W _{nat} (%)	ρ (g/cm³)	ρ _d (g/cm³)	Permeabilidade em permeâmetro, K (cm/s)	Prof. de recolha da amostra (m)	Amostra remexida								
										Granulometria (% passada)				Limites de consistência		W _{nat} (%)	Classificações	
										3/4" (%<19,0mm)	#10 (%<2,0 mm)	#40 (%<0,42mm)	#200 (%<0,074 mm)	LL (%)	IP (%)		ASTM	AASHTO
PC1	3,0 - 3,6	Indeformada	Silte areno-argiloso	a₀	71,1	1,514	0,885	7,10E-07	0,1 - 3,7	100	99	97	69	47	7	77,9	s(OL)	A-5 (8)
PC2	3,0 - 3,6	Indeformada	Argila silto-arenosa	a₄	80,3	1,520	0,843	7,50E-09	0,0 - 3,2	100	99	92	84	68	16	---	OH	A-7-5 (14)
PC3	2,0 - 2,6	Indeformada	Argila siltosa	a₄	64,5	1,551	0,943	2,90E-07	1,5 - 3,0	100	100	99	91	55	14	65,9	OH	A-7-5 (13)
PC5	2,0 - 2,6	Indeformada	Silte argiloso	a₄	71,2	1,558	0,910	7,90E-05	0,0 - 2,8	100	100	98	94	51	7	---	(OH)	A-5(10)
PC7	3,0 - 3,6	Indeformada	Argila siltosa	a₀	108,7	1,388	0,665	3,10E-07	2,1 - 3,5	100	100	96	94	57	20	65,9	OH	A-7-5 (15)
PC8	2,5 - 3,1	Indeformada	Argila siltosa	a₀	78,0	1,520	0,854	1,80E-07	1,1 - 3,0	100	100	99	98	54	11	---	OH	A-7-5 (11)
PC9	2,5 - 3,1	Indeformada	Argila silto-arenosa	a₀	116,4	1,386	0,640	4,30E-07	1,4 - 3,3	100	93	89	86	62	15	---	OH	A-7-5 (14)
PC10	2,0 - 2,6	Indeformada	Silte levemente argiloso	a₀	96,5	1,464	0,745	1,10E-07	0,2 - 3,4	100	100	98	95	48	3	77,8	OL	A-5 (10)
PC13	3,0 - 3,6	Indeformada	Argila siltosa	a₀	96,6	1,442	0,733	4,70E-08	0,2 - 3,0	100	100	96	94	66	14	96,0	OH	A-7-5 (14)
PC15	2,5 - 3,1	Indeformada	Argila siltosa	a₀	91,0	1,458	0,760	2,30E-08	1,0 - 3,2	100	100	98	95	82	28	100,0	OH	A-7-5 (19)
PC18	2,5 - 2,9	Indeformada	Argila silto-arenosa	ØM₂	19,4	2,068	1,732	1,50E-08	2,5 - 3,4	100	98	84	57	42	21	17,5	s(CL)	A-7-6 (9)

NOTAS: W_{nat} - Teor em água natural; ρ - Peso específico; ρ_d - Peso específico aparente seco; K - Coeficiente de permeabilidade (condutividade hidráulica); # - Peneiro; D_{máx.} - Diâmetro máximo do material da amostra; LL - Limite de liquidez; IP - Índice de plasticidade; ASTM - Classificação unificada; AASHTO - Classificação rodoviária

Geologia: HOLOCÉNICO: a₀ - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; a₄ - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS: ØM₂ - Argilitos subconsolidados

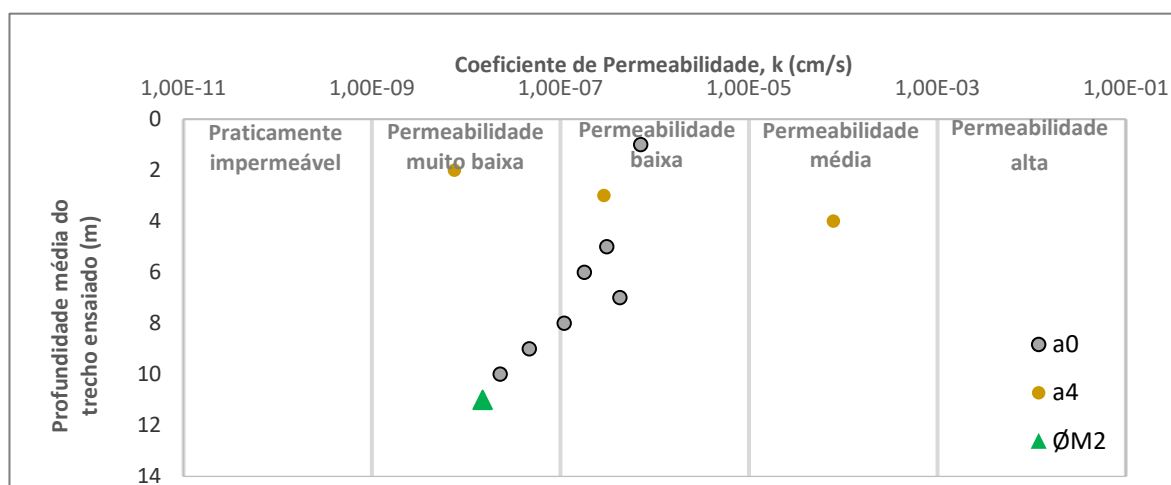


Figura 3.20 - Classificação dos solos quanto à permeabilidade (adaptado de Terzaghi & Peck, 1967)

Da observação dos resultados dos ensaios e da figura acima, verifica-se que a permeabilidade da formação a_0 varia entre $2,3 \times 10^{-8}$ a $7,1 \times 10^{-7}$ cm/s, ou seja, apresenta uma permeabilidade muito baixa a baixa, enquanto a a_4 mostra uma permeabilidade variável entre muito baixa ($7,5 \times 10^{-9}$) a média ($7,9 \times 10^{-5}$). A formação do Paleogénico e Miocénico Indiferenciados ($\emptyset M_2$) mostra um valor de coeficiente de permeabilidade de $1,50 \times 10^{-8}$ m/s, ou seja, estes materiais apresentam permeabilidade muito baixa.

3.6.1.6 Ensaios de compressão triaxial

Na tentativa de melhor quantificar as propriedades mecânicas das formações aluvionares, em particular a resistência ao corte e avaliação do comportamento ao nível da tensão-deformação, foram realizados cinco ensaios triaxiais, cada um com 3 provetes de ensaio, conduzidos à rotura por acréscimo de tensão vertical, na modalidade de ensaio consolidado não drenado, com medição de tensões neutras. Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização das amostras encontram-se resumidos no Quadro 3.19.

Quadro 3.19 – Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização das amostras sujeitas a ensaios triaxiais

Poço nº	Prof. de recolha da amostra (m)	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Formação geológica interpretada	W_{nat} (%)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
PC1	2,4 - 3,0	Indeformada	Silte areno-argiloso	a_0	61,6	16,80	10,40
PC3	3,0 - 3,6	Indeformada	Argila siltosa	a_4	62,7	16,50	10,14
PC7	2,0 - 2,6	Indeformada	Argila siltosa	a_0	60,3	16,51	10,30
PC10	3,0 - 3,6	Indeformada	Silte areno-argiloso	a_0	90,9	14,88	7,79
PC13	2,0 - 2,6	Indeformada	Argila siltosa	a_0	100,4	14,89	7,44

NOTAS: W_{nat} - Teor em água natural; γ - Peso específico; γ_d - Peso específico aparente seco

Geologia: HOLOCÉNICO: a_0 - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; a_4 - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso

Os ensaios realizados foram analisados em várias vertentes, na tentativa de forma a se obter o critério de rotura mais adequado, em particular:

- $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\text{máx}}$
- $(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{\text{máx}}$
- $\varepsilon_{\text{rot}} = 3 \%$
- $\varepsilon_{\text{rot}} = 6 \%$
- $\Delta U_{\text{máx}}$

Para determinar o módulo de deformabilidade (E') foi efetuado um cálculo recorrendo ao critério de $\varepsilon_{\text{rot}} = 6 \%$ (módulo secante) por ser considerado o que melhor se ajustava às várias amostras ensaiadas.

Os gráficos obtidos encontram-se sintetizados na Figura 3.21, Figura 3.22, Figura 3.23, Figura 3.24 e Figura 3.25.

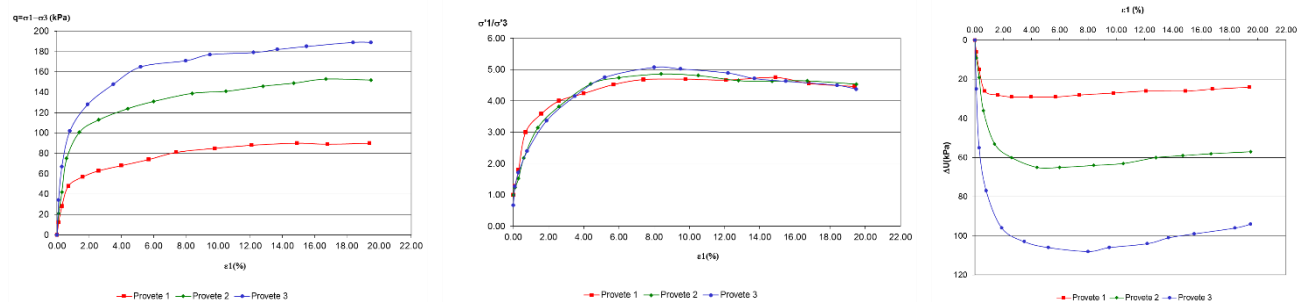


Figura 3.21 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC1 aos 2,4 m -3,0 m de profundidade.

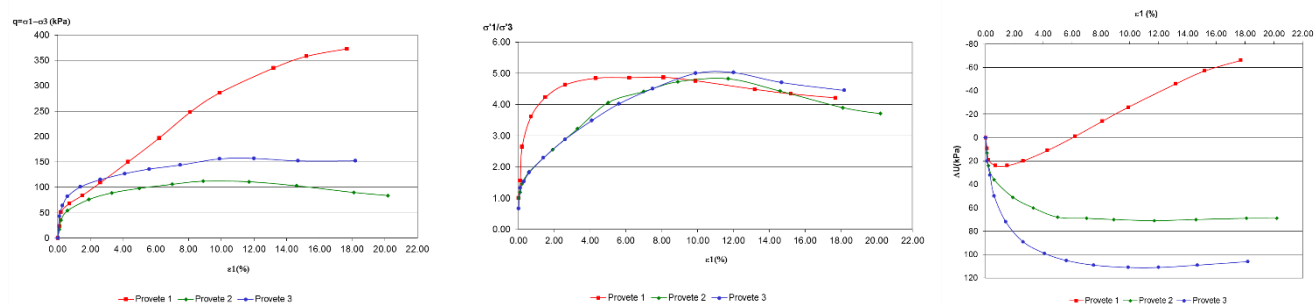


Figura 3.22 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC3 aos 3,0 m -3,6 m de profundidade.

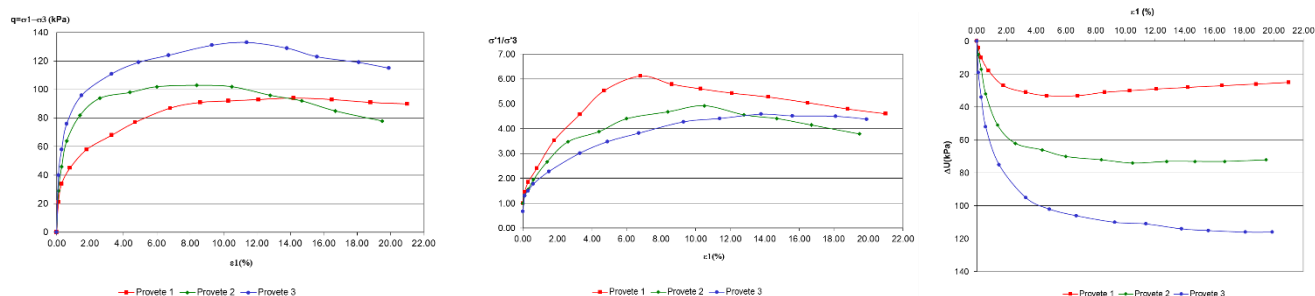


Figura 3.23 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC7 aos 2,0 m -2,6 m de profundidade.

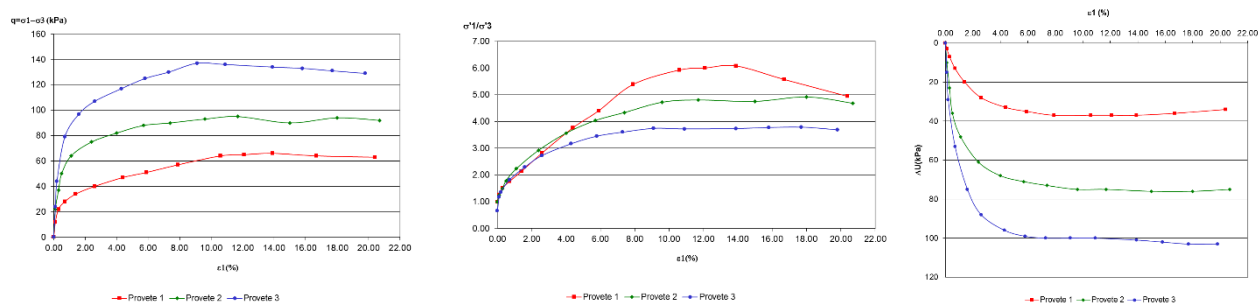


Figura 3.24 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC10 aos 3,0 m -3,6 m de profundidade.

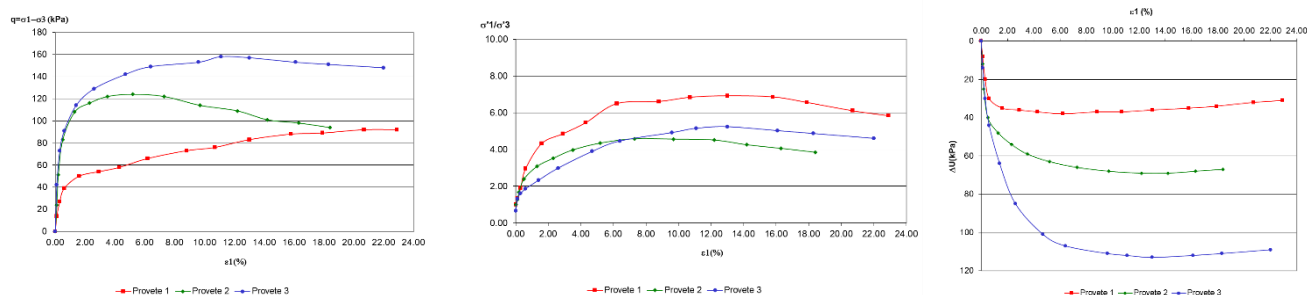


Figura 3.25 – Gráficos de tensão-deformação referentes aos três provetes do ensaio triaxial da amostra colhida no poço PC13 aos 2,0 m -2,6 m de profundidade.

Também foi realizada uma verificação com o diagrama de trajetória de tensões ajustando a transformada de Mohr, conforme representado na Figura 3.26.

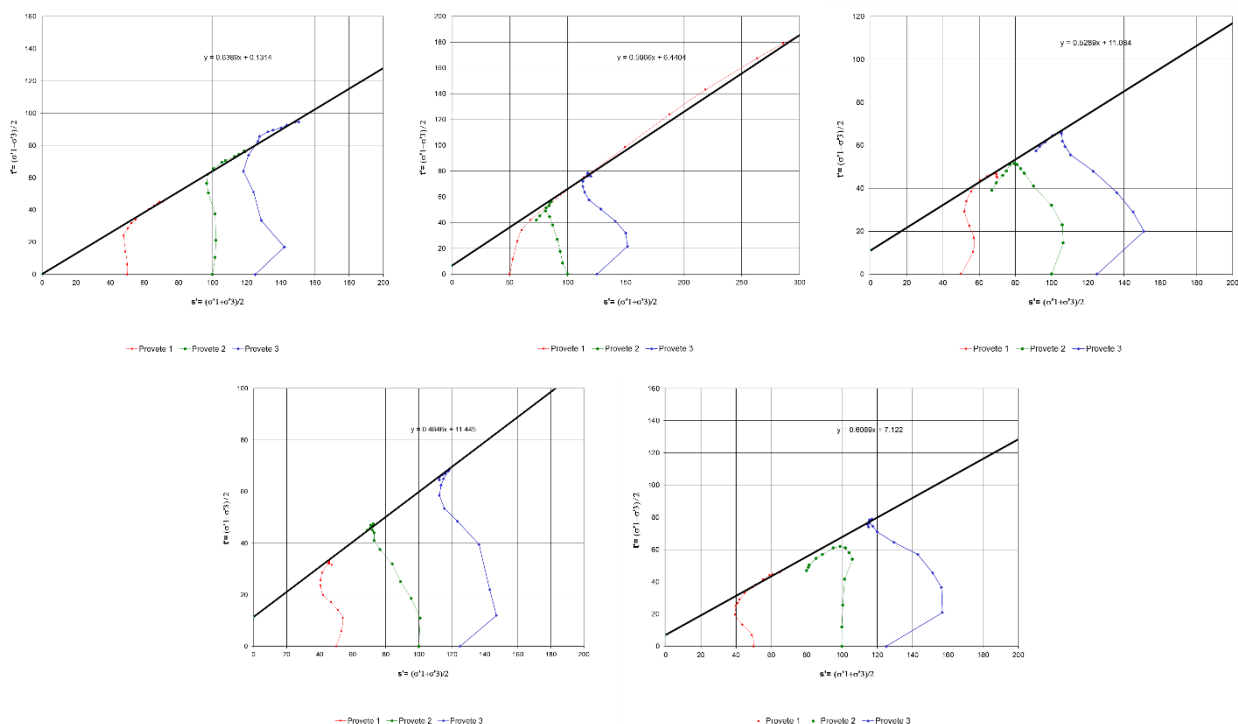


Figura 3.26 – Gráficos de trajetória de tensões referente aos três provetes de cada ensaio triaxial (da esquerda para a direita e de cima para baixo – PC1, PC3, PC7, PC10 e PC13).

Adotando o critério $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\max}$, obtêm-se os resultados descritos no Quadro 3.20.

Quadro 3.20 – Resumo dos resultados dos ensaios triaxiais.

Poço nº	Prof. de recolha da amostra (m)	Formação geológica interpretada	ϕ' (°)	c' (kN/m ²)	E' (MPa)
PC1	2,4 - 3,0	a₀	40	0	2,1
PC3	3,0 - 3,6	a₄	37	8	2,4
PC7	2,0 - 2,6	a₀	32	13	1,7
PC10	3,0 - 3,6	a₀	29	13	1,8
PC13	2,0 - 2,6	a₀	9	37	1,9

O andamento dos gráficos de tensão – deformação indiciam, conforme espectável, a presença de um material normalmente consolidado. Esta conclusão também já tinha sido verificada através dos resultados obtidos nos ensaios endométricos realizados nas mesmas formações.

Analisando os valores dos parâmetros de resistência ao corte obtidos nos vários ensaios realizados constata-se que, pelo facto de se tratarem de formações aluvionares (**a₀** e **a₄**) com uma componente fina/argilosa predominante, os mesmos são, à partida, excessivamente elevados no que respeita ao ângulo de atrito. Esta conclusão pode ser comprovada na bibliografia existente sobre estudos realizados neste tipo de formações.

É um facto que neste tipo de formações, a recolha de amostras “*in situ*” constitui uma atividade complexa, pelo que muitas vezes as mesmas são consideradas como indeformadas, não sendo este cenário totalmente verdade, devido à descompressão a que estão sujeitas, assim como à alteração das condições na sua envolvente e ainda ao seu estado de conservação durante todo o processo. Saturar e consolidar este tipo de material também se revela, em geral, um processo muito delicado, nem sempre compatível com o cronograma.

Os aspetos descritos no parágrafo anterior, poderão de algum modo contribuir para justificar os valores anómalos de resistência obtidos nos ensaios triaxiais.

3.6.2 Amostras de água

Para identificar os parâmetros que potencialmente podem afetar o desempenho e a durabilidade dos materiais das estruturas a construir, foram realizados ensaios químicos sobre 5 amostras de águas subterrâneas recolhidas nas sondagens realizadas no adutor, distribuidor e açudes: pH, pH de saturação, condutividade elétrica, alcalinidade total, alcalinidade total de saturação, dureza total, CO₂ agressivo na água, azoto amoniacal (NH⁴⁺), sulfatos (SO₄²⁻), cloretos (Cl⁻), magnésio (Mg²⁺), cálcio (Ca²⁺), sódio (Na⁺), potássio (K⁺), carbonatos (CO₃²⁻), ferro II e ferro total.

No Quadro 3.21 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos nos ensaios de laboratório sobre amostras de água.

Quadro 3.21– Resumo dos resultados dos ensaios de laboratório sobre amostras de água

Sondagem nº	Determinação do pH			Determinação da alcalinidade		Condutividade (µS/cm)	Iões agressivos						
	Antes do contacto com CaCO ₃	Após o contacto com CaCO ₃	Poder Incrustante	Capacidade de dissolução de hidróxido de cálcio-LCD	CO ₂ agressivo		Potássio (mg/L)	Sódio (g/L)	Ferro Total (mg/L)	Teor em sulfatos (mg/L)	Teor em magnésio (mg/L)	Teor em cloretos (mg/L)	Teor em amónia (mg/L)
SC1	7,64	7,88	0,2	-17	-13	1420	7,9	170	0,035	161,3	7,8	300,0	0,15
SC2	7,82	8,17	0,4	-6	-4	336	4,4	31	1,000	138,3	3,9	53,3	0,05
SC4	7,70	8,20	0,5	6	4	320	4,1	29	1,100	135,0	2,9	53,3	0,03
SC5	7,75	8,24	0,5	11	9	608	13,0	60	0,800	169,5	3,9	97,6	0,26
SC7	7,86	8,32	0,5	17	13	464	4,6	50	0,620	156,4	2,9	81,7	0,14

Para avaliação da agressividade do meio usou-se a metodologia proposta pela Norma Portuguesa NP EN 206-1 (2007) - “Betão. Parte 1: Especificação, desempenho , produção e conformidade” (Quadro 3.22).

Quadro 3.22– Avaliação da agressividade do meio

Meio não agressivo (de acordo com a NP EN 206-1, 2007)	
Sulfatos	< 200 mg/L
pH	> 6,5
CO ₂ agressivo	< 15 mg/L
Azoto amoniacal	< 15 mg/L
Magnésio	< 300 mg/L

Da observação dos resultados dos ensaios e dos valores indicados pela NP EN 206-1, verifica-se que todas as amostras indicam um meio não agressivo.

4 PARÂMETROS ADOPTADOS

Os parâmetros de cálculo adotados resultaram da análise conjunta dos elementos obtidos nos trabalhos de prospeção geotécnica e ensaios de laboratório e na caracterização e classificação dos terrenos, confrontados com correlações empíricas existentes.

Quadro 4.1 – Parâmetros geotécnicos adotados

Formação geológica interpretada	Descrição	Ensaio SPT (N _{SPT})	Ensaio de corte rotativo c _u máx (kPa)	Lefranc - Coef. de permeabilidade, k (m/s)	Permeâmetro - Coef. de permeabilidade, k (m/s)	CPTu - Resistência de ponta, Qt (MPa)	Parâmetros geotécnicos							
							γ (kN/m³)	γ_{sat} (kN/m³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	E' (MPa)	E _u (MPa)	ν
At	Silte argiloso a argila siltosa	2 - 17	17	---	---	-9,38 a 9,24	15 - 16	16 - 19	23 - 25	---	12 - 30	1 - 3	2 - 6	0,35
a₀	Lodo cinzento	1 - 6	7 - 30	1,53E-07 a 2,82E-06	2,30E-10 a 7,10E-09	-10,08 a 6,20	13 - 15	15 - 17	20 - 22	---	10 - 25	0,5 - 2	1 - 4	0,50
a₁	Areia lodosa	4 - >60	---	3,90E-07 a 1,05E-06	---	0,00 a >32,44	14 - 17	16 - 18	25 - 28	---	15 - 30	3 - 10	6 - 20	0,35
a₂	Areia média, média a fina e grosseira a média	1 - 40	---	---	---	0,14 a >45,64	15 - 18	17 - 19	27 - 32	---	---	5 - 15	10 - 30	0,30
a₃	Areia grosseira e grosseira a média	13 - 52	---	3,18E-06	---	0,84 a >48,30	16 - 19	17 - 20	32 - 36	---	---	15 - 30	30 - 60	0,30
a₄	Argila siltosa e silte argiloso	2 - 28	---	3,60E-07 a 7,28E-07	7,50E-11 a 7,90E-07	-3,08 a 2,94	15 - 18	16 - 20	23 - 25	3 - 5	15 - 60	2 - 6	4 - 12	0,50
ØM₁	Arenitos subconsolidados	20 - >60	---	3,06E-06 a 3,69E-06	1,50E-10	---	17 - 20	18 - 20	33 - 38	---	180 - 250	20 - 35	40 - 70	0,30
ØM₂	Argilitos subconsolidados	23 - >60	---	3,62E-07	---	4,06 a >38,64	17 - 18	19 - 21	22 - 25	25 - 35	150 - 250	15 - 40	30 - 80	0,35
C₁	Arenitos e arenitos carbonatados e calcários	49 - >60	---	---	---	2,38 a >35,40	19 - 22	20 - 23	40 - 42	10 - 25	220 - 320	60 - 70	120 - 140	0,30
C₂	Argilitos	39 - >60	---	---	---	---	19 - 20	20 - 21	25 - 28	30 - 40	200 - 300	25 - 40	50 - 80	0,35
C₃	Margas	>60	---	---	---	6,6 a >13,8	17 - 19	20 - 22	25 - 30	40 - 60	250 - 350	40 - 80	80 - 160	0,35

NOTAS: c_umáx – resistência de pico; k – coeficiente de permeabilidade; γ – peso volúmico do terreno de fundação; ϕ' – ângulo de atrito interno ou de resistência ao corte em tensões efetivas; c' – coesão em tensões efetivas; c_u – resistência ao corte não drenada; E' – módulo de deformabilidade do solo em condições drenadas; E_u – módulo de deformabilidade do solo em condições não drenadas; ν – coeficiente de Poisson

Geologia: HOLOCÊNICO: **At** - Silte argiloso a argila siltosa, mal calibrada, com fragmentos líticos diversos e de calibre variado (Aterros); **a₀** - Lodo cinzento, por vezes com níveis areno-lodosos a arenosos e fragmentos de conchas; **a₁** - Areia lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e seixo rolado; **a₂** - Areia média, grosseira a média e média a fina, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com níveis micáceos e seixos e calhaus rolados dispersos; **a₃** - Areia grosseira e grosseira a média, por vezes silto-argilosa a algo lodosa, com abundantes níveis de seixos e calhaus siliciosos, rolados a sub-rolados; **a₄** - Argila siltosa e silte argiloso, por vezes com fração arenosa e seixo disperso. **PALEOGÉNICO E MIOCÉNICO INDIFERENCIADOS:** **ØM₁** - Arenitos subconsolidados; **ØM₂** - Argilitos subconsolidados. **CRETÁCICO:** **C₁** - Arenito e arenitos carbonatados e calcários; **C₂** - Argilitos; **C₃** - Margas

5 TERRAPLENAGENS

Com o objetivo de avaliar, em termos geológicos e geotécnicos os terrenos interessados pelo Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego, consideraram-se os elementos obtidos no decurso do reconhecimento de superfície e nos trabalhos de prospeção e ensaios de laboratório.

Assim, referem-se as condições de execução das terraplenagens, designadamente da decapagem, escavabilidade das formações, inclinação dos taludes (provisórios), implantação do sistema de adução (circuitos hidráulicos) e fundação das ventosas e das câmaras. Indicam-se ainda os materiais a utilizar na construção dos aterros de recobrimento dos circuitos hidráulicos.

5.1.1 Decapagem

Após desmatção e limpeza do terreno na faixa interessada pelas condutas dos circuitos hidráulicos, deverá proceder-se à decapagem da “terra vegetal”, numa espessura média estimada da ordem de 0,2 a 0,3 m. A “terra vegetal” deverá ser conduzida a depósito provisório, para posterior utilização na cobertura e selagem dos aterros das condutas.

O depósito provisório poderá ser realizado ao longo do traçado das condutas e sempre para o mesmo lado da vala, enquanto que os materiais resultantes da escavação e a reutilizar posteriormente no aterro da vala, deverão ser colocados no lado contrário, de modo a evitar a contaminação destes materiais por matéria orgânica.

5.1.2 Escavabilidade

As características de escavabilidade diferem com os materiais ocorrentes, estando relacionadas com as litologias, o seu grau de alteração e a sua intensidade da fracturação.

De acordo com o reconhecimento geológico de superfície e os trabalhos de prospeção realizados, considera-se que os terrenos interessados sejam escaváveis, tendo em conta os equipamentos de terraplenagem habitualmente utilizados, ou seja, por meios mecânicos tradicionais.

5.1.3 Inclinação dos taludes de escavação (provisórios)

Dada a natureza dos terrenos ocorrentes e a implantação das condutas ao longo do traçado a uma profundidade máxima da ordem dos 5 m, preconiza-se a adoção de taludes provisórios com inclinações variáveis, consoante as alturas de escavação (Quadro 5.1).

Quadro 5.1 - Inclinação dos taludes provisórios para implantação das condutas

Altura de escavação - H (m)	Inclinação dos taludes provisórios (H:V)
$\leq 4,0$	1 : 1
$4,0 < H \leq 4,5$	1 : 1,5
$4,5 < H \leq 4,8$	1 : 2
$4,8 < H \leq 5,0$	1 : 3

Tendo em conta que as dimensões das valas estão associadas ao diâmetro externo da tubagem e ao seu tipo de material, bem como às profundidades a atingir, a largura mínima das valas ($L_{\min.}$) foi fixada de acordo com as expressões indicadas no Quadro 5.2:

Quadro 5.2 - Largura mínima das valas

Obra	Largura mínima das valas
Adutor do Pranto e distribuidor do Marnoto	$L_{\min.} (m) = \varnothing_{\text{exterior da conduta}} + 2 \times 0,8.$
Rede de rega do Campo do Conde	$L_{\min.} (m) = \varnothing_{\text{exterior da conduta}} + 2 \times 0,4$

5.1.4 Implantação das condutas

Prevê-se que as valas de instalação da tubagem interessem sobretudo depósitos aluvionares das unidades designadas por a_0 e a_4 com espessuras significativas logo desde o contacto com as formações bordejantes do Cretácico e Paleogénico e Miocénico Indiferenciados.

A unidade a_0 , em geral subjacente à a_4 , é constituída essencialmente por materiais lodosos e silto-argilosos, por vezes com alguma fração arenosa e baixas características de resistência e deformabilidade. A unidade a_4 , com espessuras da ordem dos 2-3 m, é constituída também por materiais essencialmente silto-argilosos, encontrando-se porém um pouco mais consistente, devido aos efeitos de secagem molhagem a que foi sujeito ao longo do tempo.

A posição do nível freático poderá situar-se imediatamente subjacente a a_4 ou, no caso de esta unidade não existir, posicionar-se muito próximo da superfície (no máximo a 0,5 m de profundidade). No entanto, como os terrenos estão alagados em certas alturas do ano, devido ao tipo de culturas do local, deverá existir alguma variação na posição do nível de água, com a época do ano. Assim, como a vala a escavar para a implantação das condutas se deverá situar abaixo do nível freático, dever-se-á ter em conta os efeitos de impulsão no seu dimensionamento.

Para que o nível de água nas valas seja o menor possível, prevê-se a drenagem do rio Pranto que, associado à ensecadeira a construir, permitirá o rebaixamento do nível de água no rio.

A abertura das valas deverá ser realizada de jusante para montante para garantir o livre escoamento das águas por gravidade, não se devendo admitir, em caso algum, águas estagnadas. Todavia, caso se verifique a ocorrência de água no interior da vala, deverá proceder-se ao controlo do nível freático mediante dispositivos que garantam o seu rebaixamento provisoriamente para cotas inferiores às de trabalho, por exemplo, através de bombagem a partir do interior das escavações.

Assim, desde que não existam constrangimentos de vizinhança relevantes, recomenda-se que as escavações para a abertura das valas sejam realizadas no período de estiagem e com recurso a taludes de escavação provisórios.

A vala tipo para instalação da tubagem apresenta as seguintes características:

- vala trapezoidal com talude provisório e inclinação variável consoante a altura;
- assentamento direto da conduta no fundo da vala devidamente nivelada;
- vala preenchida com material proveniente da própria escavação (isento de pedras e outros materiais que possam danificar a tubagem);
- recobrimento mínimo da tubagem de 1,20 m (adutor e distribuidor) e 1,00 m (redes de rega).

Além das escavações se situarem abaixo do nível freático, poderá verificar-se uma perda de consistência e ou compacidade dos terrenos a escavar, quando desconfinados, pelo que poderá haver a necessidade de recorrer a estruturas de contenção provisórias para realizar as escavações de abertura das valas e fazer a obra por troços. Prevê-se que estas estruturas de contenção sejam, em princípio, realizadas, com recurso a soluções de estacas prancha, escoradas sempre que se verifique necessário.

Caso se verifiquem constrangimentos de vizinhança importantes, deverão seguir-se as recomendações e soluções desenvolvidas no projeto geotécnico relativo às estruturas de contenção provisórias¹.

Tendo em conta que o recobrimento aumenta a resistência da tubagem à flutuação, que poderá ocorrer sobretudo durante o período de execução da obra ou em manutenções do sistema hidráulico já na fase de exploração, estipulou-se um recobrimento mínimo de 1,20 m em relação à superfície no caso do adutor e distribuidor e 1,00 m no caso das redes de rega.

Em terreno agrícola aberto, a vala poderá ser preenchida com material proveniente da própria escavação, desde que apresente condições de trabalhabilidade que garantam um grau de compactação idêntico ao dos terrenos adjacentes. No entanto, o material proveniente da escavação deverá ser isento de pedras e outros materiais que possam danificar a tubagem.

Devido ao tipo de terreno existente e à presença de níveis freáticos a reduzida profundidade, caso se verifiquem dificuldades de assentamento das condutas, poderá proceder-se ao lançamento de blocos rochosos insensíveis à água na base da vala, de modo melhorar a sua fundação da conduta e otimizar as condições de trabalhabilidade.

Considera-se ainda a utilização de materiais de enrocamento na fundação das travessias de valas de drenagem e linhas de água numa espessura de 0,3 m.

De acordo com o tipo de solução preconizada para as valas, deverá ser garantido que a conduta tenha capacidade para acomodar alguns assentamentos diferenciais que eventualmente se possam vir a mobilizar. Porém, para que não se verifiquem assentamentos significativos das condutas, antes da execução dos aterros de enchimento deverá ser verificado se fundo das valas estará perfeitamente nivelado.

6 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Para os materiais de construção foram consideradas as consultas realizadas na zona em 2006, no âmbito do “Projecto de Execução do Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto”, nomeadamente em areeiros e depósitos de materiais, onde foi possível recolher amostras para ensaios de identificação e caracterização.

Assim, na localidade de Marinha das Ondas foram recolhidas em estância de Materiais duas amostras designadas por Saibro-1 e Saibro-2, originalmente provenientes de explorações (saibreiras) existentes na zona do Rio Pranto.

Já próximo de Montemor, na margem esquerda do Mondego, em areeiro que comercializa areias dragadas do Mondego, foi possível recolher duas amostras de areia uma delas designada por “areia do rio”, obtida por dragagem, ao passo que a designada por “areia de pinhal” foi obtida em exploração corrente. Os resultados são apresentados no Quadro 6.1.

¹ O projeto geotécnico das escavações provisórias em talude e o projeto geotécnico das soluções relativas às estruturas de contenção provisórias estão inseridos na Parte 1 - Adutor Direito do Pranto e Distribuidor do Marnoto, no Anexo 4 e Anexo 5, respetivamente.

Quadro 6.1 - Resumo dos resultados dos ensaios de identificação, teor em água e classificação geotécnica

Poço nº	Tipo de amostra	Litologia da amostra	Granulometria (% passada)				D _{máx.} (mm)	C _u	C _c	Limites de consistência		W _{nat} (%)	Classificações de solos	
			3/4" (%<19,0mm)	#10 (%<2,0 mm)	#40 (%<0,42mm)	#200 (%<0,074 mm)				LL (%)	IP (%)		ASTM	AASHTO
Saibro-1	Remexida	Areia bem graduada com silte e cascalho	88	67	25	9	50	18	2	NR	NP	5,9	SW-SM	A-1-b (0)
Saibro-2	Remexida	Areia argilosa	100	70	31	17	19	---	---	43	23	10,1	SC	A-2-7 (09)
A-Rio	Remexida	Areia bem graduada com silte	100	80	37	8	19	7	1	NR	NP	11,2	SW-SM	A-1-b (0)
A-Pinhal	Remexida	Areia mal graduada	100	97	85	7	19	3	1	NR	NP	6,4	SP	A-3 (0)

NOTAS: # - peneiro; D_{máx.} - Diâmetro máximo do material da amostra; C_u - Coeficiente de uniformidade (D₆₀/D₁₀); C_c - Coeficiente de curvatura (D₃₀²/(D₆₀-D₁₀); LL - Limite de liquidez; IP - Índice de plasticidade; W_{nat} - Teor em água natural; ASTM - Classificação unificada; AASHTO - Classificação rodoviária

Na Figura 6.1 apresentam-se as curvas granulométricas das amostras ensaiadas.

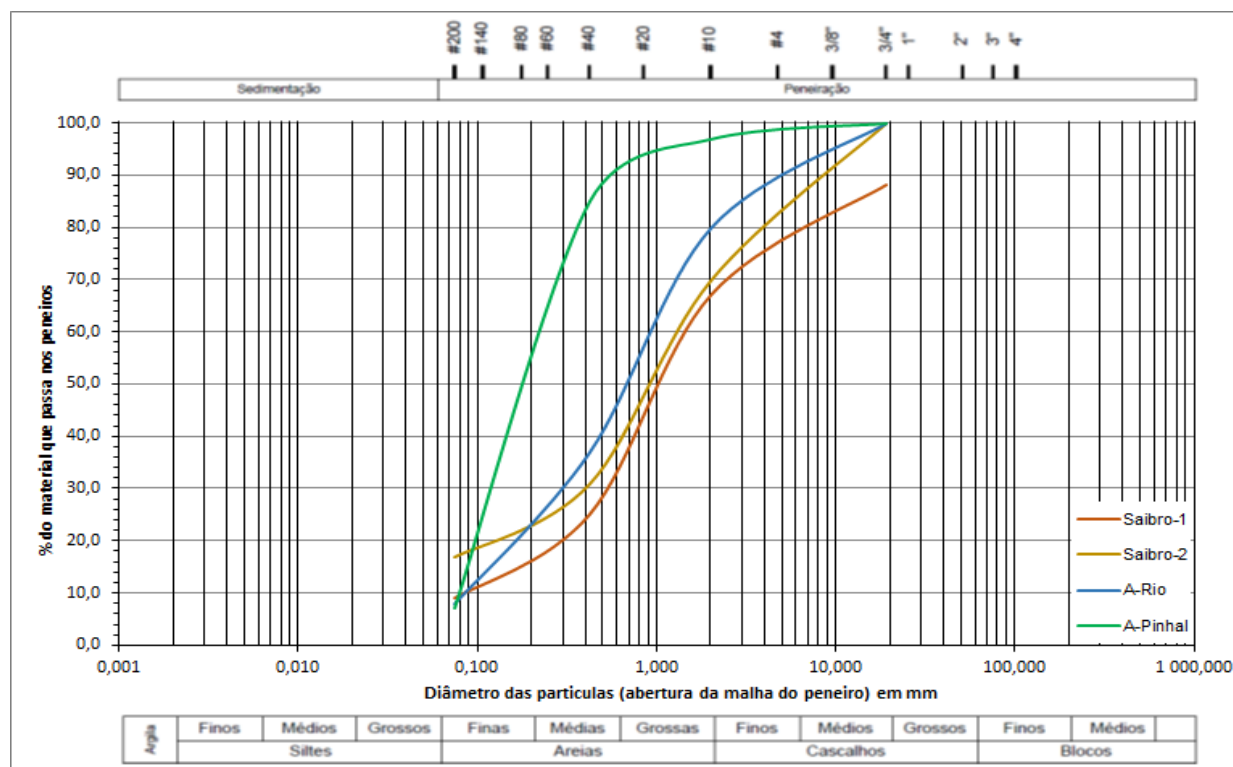


Figura 6.1 - Curvas granulométricas

A Figura 6.2 mostra a distribuição dos solos em termos de teor em água natural.

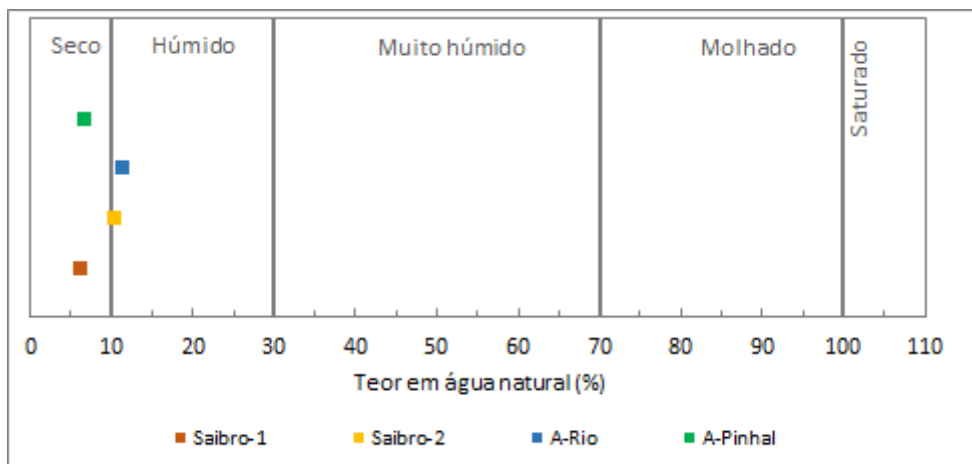


Figura 6.2 - Distribuição dos valores do teor em água natural , W_{nat}

Da observação dos resultados dos ensaios de identificação e teor em água, verifica-se que:

✓ **Saibro-1**

A amostra ensaiada é constituída por areia bem graduada com silte e cascalho, com uma percentagem de finos de 9% e não plástica. O teor em água natural é de cerca de 6% e a amostra classifica-se como SW-SM (ASTM) e A-1-b (AASHTO).

✓ **Saibro-2**

A amostra ensaiada é constituída por areia argilosa, com uma percentagem de finos de 17%, limite de liquidez de 43% e índice de plasticidade de 23%. O teor em água natural é de cerca de 10% e a amostra classifica-se como SC (ASTM) e A-2-7 (AASHTO).

✓ **Areia do rio**

A amostra ensaiada é constituída por areia bem graduada com silte, com uma percentagem de finos de 8% e não plástica. O teor em água natural é de cerca de 11% e a amostra classifica-se como SW-SM (ASTM) e A-1-b (AASHTO).

✓ **Areia de pinhal**

A amostra ensaiada é constituída por areia mal graduada, com uma percentagem de finos de 7% e não plástica. O teor em água natural é de cerca de 6% e a amostra classifica-se como SP (ASTM) e A-3 (AASHTO).

Foram ainda realizados ensaios de compactação Proctor Modificado cujos resultados são apresentados no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 - Resumo dos resultados dos ensaios de compactação Modificado

Amostra n°	Tipo de amostra	Litologia da amostra	% passada #200	Limites de consistência		W_{nat} (%)	Classificações		Compactação Proctor Modificado	
				LL (%)	IP (%)		ASTM	AASHTO	W_{opt} (%)	$\gamma_{dm\acute{a}x}$ (g/cm ³)
Saibro-1	Remexida	Areia bem graduada com silte e cascalho	9	NR	NP	5,9	SW-SM	A-1-b)	10,30	1,960
Saibro-2	Remexida	Areia argilosa	17	43	23	10,1	SC	A-2-7	10,50	1,980
A-Rio	Remexida	Areia bem graduada com silte	8	NR	NP	11,2	SW-SM	A-1-b	10,00	1,780
A-Pinhal	Remexida	Areia mal graduada	7	NR	NP	6,4	SP	A-3	10,30	1,760

NOTAS: # - Peneiro; LL - Limite de liquidez; IP - Índice de plasticidade; W_{nat} - Teor em água natural; ASTM - Classificação unificada; AASHTO - Classificação rodoviária; W_{opt} - Teor em água ótimo; $\gamma_{dm\acute{a}x}$ - Baridade (massa específica aparente) seca máxima

Na Figura 6.3 apresenta-se variação da percentagem de finos (% < #200) com o teor em água ótimo (W_{opt}) e o peso volúmico aparente de seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) e o teor em água ótimo (W_{opt}) vs. a baridade seca máxima ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) e na Figura 6.4 as curvas de compactação.

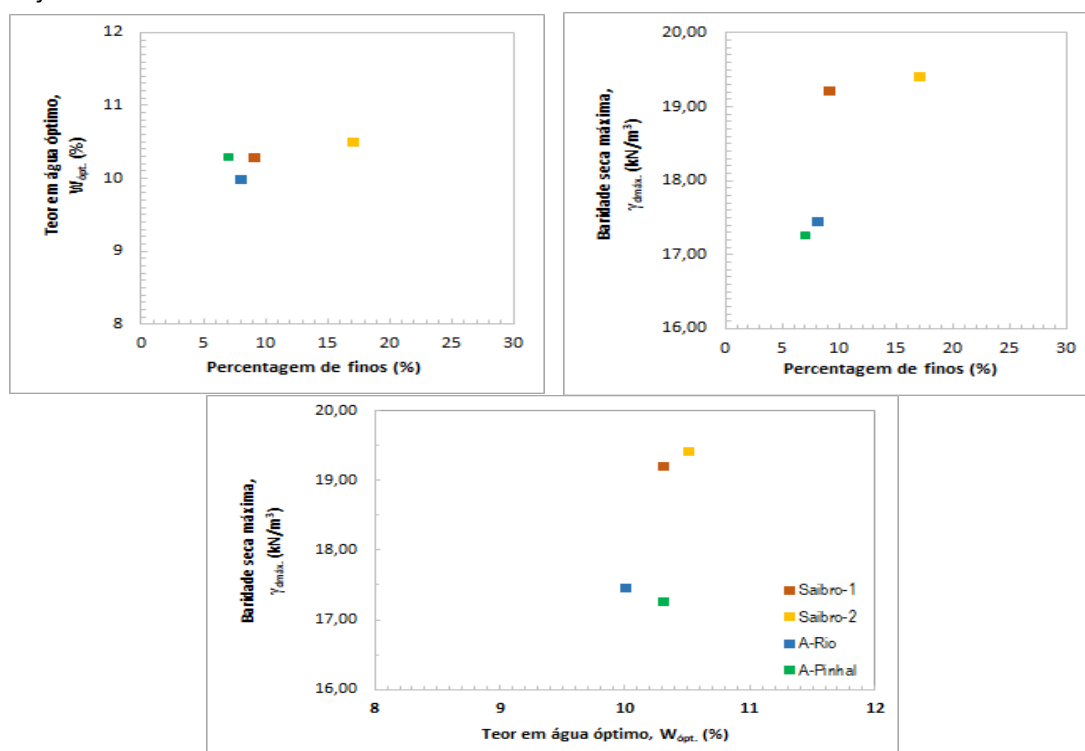


Figura 6.3 - Distribuição dos solos em função da variação da percentagem de finos com o teor em água ótimo e com a baridade seca máxima e o teor em água ótimo versus baridade seca máxima

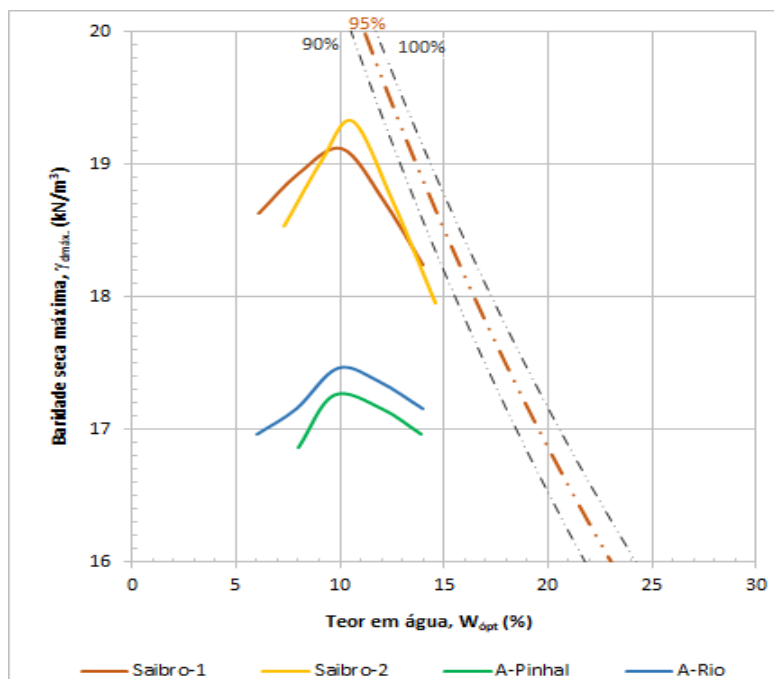


Figura 6.4 - Curvas de compactação dos ensaios Proctor Modificado

Da observação dos resultados dos ensaios de compactação Proctor Modificado, verifica-se que:

✓ **Saibro-1**

Da amostra ensaiada, obtiveram-se valores de peso volúmico aparente seco máximo ($\gamma_{dmáx}$) de 1,960 kN/m³, para teores em água ótimo ($W_{ópt}$) de 10%.

✓ **Saibro-2**

Da amostra ensaiada, obtiveram-se valores de peso volúmico aparente seco máximo ($\gamma_{dmáx}$) de 1,980 kN/m³, para teores em água ótimo ($W_{ópt}$) de 11%.

✓ **Areia do rio**

Da amostra ensaiada, obtiveram-se valores de peso volúmico aparente seco máximo ($\gamma_{dmáx}$) de 1,780 kN/m³, para teores em água ótimo ($W_{ópt}$) de 10%.

✓ **Areia de pinhal**

Da amostra ensaiada, obtiveram-se valores de peso volúmico aparente seco máximo ($\gamma_{dmáx}$) de 1,760 kN/m³, para teores em água ótimo ($W_{ópt}$) de 10%.

Refere-se que se observa em todas as amostras ensaiadas (exceto na amostra da areia de pinhal) que os valores do teor em água natural (W_{nat}) são mais reduzidos do que os do teor em água do ótimo ($W_{ópt}$), pelo que deverá ser tida em consideração a necessidade de humificação adequada dos solos, de modo a assegurar as boas condições necessárias na colocação dos materiais em aterro e durante os trabalhos de compactação. Relativamente à areia de pinhal e dado que o valor do teor em água natural (W_{nat}) é mais elevado do que o do teor em água do ótimo ($W_{ópt}$), deverá ser tida em consideração a eventual necessidade de arejamento destes solos no caso da colocação destes materiais em aterro e durante os trabalhos de compactação, de modo a assegurar as condições adequadas e necessárias para estes trabalhos.

Relativamente a materiais de natureza rochosa assinala-se a pedreira de “Cadoiços” (exploração de calcários) na freguesia de Verride a cerca de 10 km da obra.

7 ENSECADEIRA

7.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo diz respeito à caracterização dos terrenos de fundação da ensecadeira a construir no rio Pranto. O estudo geotécnico para a ensecadeira consistiu no reconhecimento do respetivo local de implantação e na execução de 1 poço de prospeção (PC21) e 2 sondagens mecânicas (SC6 e SC7), acompanhadas da execução de ensaios de penetração dinâmica SPT, espaçados de 1,5 m ou sempre que ocorria mudança de terreno.

Como aquando do Plano de Prospeção Geotécnica não se conhecia a localização exata da ensecadeira e devido a difíceis condições de acesso, os trabalhos de prospeção foram realizados uma distância da ordem dos 50 m (PC21), 70 m (SC6) e 130 m (SC7). Nestas condições, torna-se necessário extrapolar os resultados obtidos nas sondagens para o local de fundação da ensecadeira, o que constituiu um fator adicional de incerteza. Por esta razão, recomenda-se que, em fase de obra, se proceda a uma verificação dos pressupostos de projeto, através da realização de uma sondagem (ver item 7 - Campanha de prospeção geotécnica complementar).

O perfil geológico e os resultados dos ensaios SPT, conjuntamente com a identificação da natureza dos solos ocorrentes, constituem os elementos de informação que serviram de base à definição dos valores das propriedades dos solos, a adotar no cálculo da capacidade resistente da fundação da ensecadeira, mediante a utilização de correlações empíricas existentes.

Com base nos dados do reconhecimento de campo e na análise dos resultados da prospeção, definem-se, para a ensecadeira, os seguintes elementos:

- perfil estratigráfico do sítio;
- posição do nível de água à data da execução das sondagens;
- profundidade a que se prevê a ocorrência de formações com adequada capacidade resistente;
- tipo de fundação (superficial ou profunda);
- valores de cálculo das propriedades de resistência do terreno de fundação a usar nas verificações de segurança;
- eventuais constrangimentos decorrentes de aspetos topográficos, geológicos ou hidrogeológicos particulares, ou de processos geológicos ativos, indiciados pelo reconhecimento de campo ou pelos resultados da prospeção, julgados relevantes para a conceção e dimensionamento das fundações.

Os registos individuais dos trabalhos de prospeção e ensaios de laboratório figuram no tomo dos Anexos e a sua localização e interpretação está representada nas peças desenhadas tanto em planta como em perfil longitudinal geológico e geotécnico.

7.2 RECONHECIMENTO DO LOCAL

a) Geologia

O local situa-se na extensa baixa aluvionar do Pranto, mesmo junto ao rio Mondego, onde ocorrem depósitos aluvionares com espessuras consideráveis (superiores a 20 m), constituídos essencialmente por siltes areno-lodosos, muito micáceos

(unidade a_0), areias médias a grosseiras, levemente siltosas, com seixo e restos conquíferos (unidade a_2) e areias muito finas a finas, siltosas, micáceas, com abundantes restos conquíferos (a_1).

b) Hidrogeologia

Dada a composição arenosa dominante nas unidades a_1 e a_2 , prevê-se que estes terrenos exibam permeabilidades médias.

À data da execução das sondagens (janeiro e fevereiro de 2019) foi detetada a ocorrência de água nos furos, a 3 e 6 m de profundidade nas sondagens SC6 e SC7, respetivamente, e a 3,5 m no poço PC21.

c) Trabalhos de prospeção

O local foi reconhecido por intermédio de 1 poço de prospeção (PC21) e 2 sondagens mecânica (SC6 e SC7), acompanhadas da execução de ensaios de penetração dinâmica SPT, espaçados de 1,5 m ou sempre que ocorria mudança de terreno. O poço atingiu 3,5 m de profundidade e as sondagens 21,4 m (SC6) e 22,9 m (SC7).

De acordo com os resultados da prospeção, ocorre no local da SC6 a unidade a_0 dos depósitos aluvionares constituída por silte lodoso, micáceo, com restos conquíferos na base sobre a unidade a_2 constituída por areia média a grosseira, levemente siltosa, com seixo e restos conquíferos. A unidade a_2 , não ocorre na sondagem SC7. Subjacente a estas unidades ocorre a unidade a_1 até ao fim das sondagens, sendo esta constituída por areia muito fina e fina, siltosa, micácea, com restos conquíferos. No poço PC21 ocorre a unidade a_0 dos depósitos aluvionares que é constituída por argila silto-lodosa.

Estima-se que no local da ensecadeira estes depósitos aluvionares possuam espessuras superiores a 20 metros. Refere-se ainda que sobre estes depósitos ocorrem aterros diversos, com espessuras de cerca de 3 m (SC7) a 6 m (SC6), constituídos essencialmente por areias finas e médias, siltosas, com fragmentos líticos e ainda por argila siltosa, micácea.

7.3 CONDIÇÕES DE CONTENÇÃO E FUNDAÇÃO

De acordo com as condições geológicas acima descritas e da análise dos resultados dos trabalhos de prospeção, preconiza-se a fundação indireta da ensecadeira por meio de colunas de Jet-Grouting ($\varnothing=800\text{mm}$), armadas com perfil metálico, que atravessam as areias muito finas a finas, siltosas, micáceas, com abundantes restos conquíferos e muito compactas, da unidade a_1 dos depósitos aluvionares. O comprimento mínimo das colunas será de 10 m.

Devido aos condicionamentos da vizinhança, no lado norte da ensecadeira será necessário recorrer a uma estrutura de contenção provisória. Face à dimensão desta estrutura de contenção recorrer-se-á ao mesmo processo construtivo das fundações, ou seja, a colunas de Jet-Grouting ($\varnothing=800\text{mm}$), armadas com perfil metálico.

Para o dimensionamento e cálculo da capacidade resistente das estacas, poderão adotar-se os seguintes valores de cálculo:

a) Aterro²

- $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$
- $\varnothing' = 25^\circ$

² γ – peso volumico do terreno; $\varnothing'$ – ângulo de atrito interno ou de resistência ao corte em tensões efetivas; c' – coesão em tensões efetivas; E – módulo de deformabilidade do solo em condições drenadas; E_u – módulo de deformabilidade do solo em condições não drenadas

- $c' = 0$ kPa
- $E = 3$ MPa

b) Aluvião (a_0)

- $\gamma = 10 - 15$ kN/m³
- $\phi' = 22^\circ$
- $c' = 0$ kPa
- $E = 2$ MPa

c) Aluvião (a_1)

- $\gamma = 17$ kN/m³
- $\phi' = 30^\circ$
- $c' = 0$ kPa
- $E = 10$ MPa

Dada a presença de água próxima da cota do terreno natural, deverá considerar-se a eventualidade das colunas ficarem submersas, ou seja, deverá considerar-se este fator nas verificações de segurança, pois tem implicações no cálculo da resistência lateral.

Tendo em conta as limitações dos dados de base, recomenda-se que, em fase de obra, se proceda à verificação das condições de fundação assumidas, através da observação direta do terreno proveniente da escavação e ainda do refluxo do Jet-Grouting.

7.4 CAMPANHA DE PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA COMPLEMENTAR

Na fase de obra, recomenda-se a realização de uma sondagem no leito do rio pranto, com o objetivo de confirmar a profundidade de fundação bem como as características de resistência mecânica atribuídas ao maciço de fundação da ensecadeira.

Durante a furação ao longo da sondagem deverão ser realizados ensaios de penetração dinâmica SPT-Terzaghi, espaçados de 1,50 m ou quando ocorrer mudança de litologia.

Os ensaios SPT-Terzaghi constam da cravação, através de pancadas dadas por um pilão com peso e altura de queda normalizados, de uma ponteira normalizada ligada a um amostrador especial. Este ensaio tem duas fases: a primeira para uma penetração de 15 cm e a segunda para uma penetração de 30 cm. No final de cada fase anota-se o número de pancadas necessário à penetração e dá-se o ensaio por terminado depois de concluída a 2ª fase ou quando o número de pancadas atinge as 60, registando-se, neste caso, a penetração obtida.

Como regra, considera-se para a definição da profundidade a atingir pela sondagem, que esta termine quando se verificarem cumulativamente as seguintes condições:

- profundidade mínima: 20 m abaixo do terreno natural;
- registo de, pelo menos, 3 ensaios SPT consecutivos com $N_{SPT} \geq 60$ pancadas ou, no caso de material rochoso, de 50-70% de recuperação e RQD superior a 30% nos últimos 3 m.

Refere-se, contudo, que estas condições poderão ter que ser adaptadas no decorrer da campanha de prospeção

No Quadro 7.1 indicam-se os trabalhos de prospeção geotécnica previstos e as respetivas quantidades.

Quadro 7.1 - Trabalhos de Prospeção Geotécnica

Trabalhos de prospeção recomendados	Un.	Quant.
Mudanças de sonda (nº de mudanças igual ao nº de sondagens)	un	1
Sondagens em rochas	m	-
Sondagens em solos	m	20
Ensaio de penetração dinâmica normalizada, S.P.T.	un	13

8 AÇUDE DO CASENHO

8.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo diz respeito à caracterização dos terrenos de fundação do açude do Casenho. O estudo geotécnico para o açude consistiu no reconhecimento do respetivo local de implantação e na execução de 1 poço de prospeção e 1 sondagem mecânica, acompanhada da execução de ensaios de penetração dinâmica SPT, espaçados de 1,5 m ou sempre que ocorria mudança de terreno e ainda de ensaios de permeabilidade do tipo Lefranc.

Devido a difíceis condições de acesso, os trabalhos de prospeção foram realizados a uma distância de cerca de 150 metros do açude. Nestas condições, torna-se necessário extrapolar os resultados obtidos na sondagem para o local de fundação do açude, o que constituiu um fator adicional de incerteza. Por esta razão, recomenda-se que, em fase de obra, se proceda a uma verificação dos pressupostos de projeto, no que se refere à natureza do terreno de fundação e ao seu estado de compacidade ou de consistência, “in situ”.

O perfil geológico e os resultados dos ensaios SPT, conjuntamente com a identificação da natureza dos solos ocorrentes, constituem os elementos de informação que serviram de base à definição dos valores das propriedades dos solos, a adotar no cálculo da capacidade resistente dos elementos de fundação do açude, mediante a utilização de correlações empíricas existentes.

Com base nos dados do reconhecimento de campo e na análise dos resultados da prospeção, definem-se, para o açude, os seguintes elementos:

- perfil estratigráfico do sítio;
- posição do nível de água à data da execução das sondagens;
- profundidade a que se prevê a ocorrência de formações com adequada capacidade resistente;
- tipo de fundação (superficial ou profunda);

- valores de cálculo das propriedades de resistência do terreno de fundação a usar nas verificações de segurança;
- eventuais constrangimentos decorrentes de aspetos topográficos, geológicos ou hidrogeológicos particulares, ou de processos geológicos ativos, indiciados pelo reconhecimento de campo ou pelos resultados da prospeção, julgados relevantes para a conceção e dimensionamento das fundações.

Os registos individuais dos trabalhos de prospeção e ensaios de laboratório figuram no tomo dos Anexos e a sua localização e interpretação está representada nas peças desenhadas tanto em planta como em perfil longitudinal geológico e geotécnico.

8.2 RECONHECIMENTO DO LOCAL

a) Geologia

O local situa-se numa baixa aluvionar onde ocorrem depósitos aluvionares constituídos essencialmente por areias finas a muito finas, esbranquiçada a cinzenta e amarela ou avermelhada, normalmente lodosa, por vezes com fragmentos de conchas dispersos e pontualmente com seixo rolado.

Subjacente a estes terrenos ocorre a formação do Paleogénico e Miocénico Indiferenciados constituída por arenitos e argilitos subconsolidados.

b) Hidrogeologia

Dada a sua composição arenosa dominante e os resultados dos trabalhos de prospeção realizados, com especial referência aos ensaios Lefranc ($1,05 \times 10^{-4}$ cm/s) executado entre os 4 e os 5 m de profundidade, prevê-se que os terrenos ocorrentes (unidade a₁ dos depósitos aluvionares) exibam permeabilidades médias (ver Figura 3.2). À data da execução das sondagens (janeiro e fevereiro de 2019) foi detetada a ocorrência de água nos furos, a 1,2 m de profundidade na sondagem SC5 e a 3,0 m de profundidade no poço PC20.

c) Trabalhos de prospeção

O local foi reconhecido por intermédio de 1 poço de prospeção (PC20) e 1 sondagem mecânica (SC5), acompanhada da execução de ensaios de penetração dinâmica SPT, espaçados de 1,5 m ou sempre que ocorria mudança de terreno e ainda de ensaios de permeabilidade do tipo Lefranc. O poço atingiu 3 m de profundidade e a sondagem 16,9 m.

No Quadro 3.5 faz-se a síntese dos resultados obtidos na sondagem mecânicas de furação em termos de formação geológica.

De acordo com os resultados tanto da sondagem como do poço, ocorre no local a unidade a₁ dos depósitos aluvionares constituídos por areias muito finas a finas, pouco a muito silto-argilosas e a unidade a₄ constituída por argila siltosa, com passagens arenosas na base. Subjacente a estes materiais recentes ocorre um nível de argila siltosa, algo arenosa e areias médias a grosseiras, algo siltosas, com algum seixo disperso e pertencentes ao Paleogénico e Miocénico Indiferenciados.

Estima-se que estes depósitos aluvionares possuam no local uma espessura de cerca de 13 a 15 metros. Refere-se que ainda poderão ocorrer aterros diversos.

8.3 CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO

De acordo com as condições geológicas acima descritas e da análise dos resultados dos trabalhos de prospeção, preconiza-se a fundação indireta do açude do Casenho por meio de microestacas com bolbo de selagem nas areias médias a grosseiras, algo siltosas, com algum seixo disperso, muito compactas ($N_{SPT} \geq 60$), a partir de profundidades da ordem de 14 m.

Dada a presença de água próxima da cota do terreno natural, deverá considerar-se a eventualidade das microestacas ficarem submersas, ou seja, deverá considerar-se este fator no seu dimensionamento.

Tendo em conta as limitações dos dados de base, recomenda-se que, em fase de obra, se proceda à verificação das condições de fundação assumidas, através da observação direta do terreno proveniente da furação.

9 AÇUDE DO CASAL DA ROLA

9.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo diz respeito à caracterização dos terrenos de fundação do açude do Casal da Rola. O estudo geotécnico para o açude consistiu no reconhecimento do respetivo local de implantação e na execução de 1 poço de prospeção (PC19) e 2 sondagens mecânicas (SC3 e SC4), acompanhadas da execução de ensaios de penetração dinâmica SPT, espaçados de 1,5 m ou sempre que ocorria mudança de terreno e ainda de ensaios de permeabilidade do tipo Lefranc.

Apesar dos trabalhos de prospeção terem sido realizadas no local de fundação do açude, recomenda-se que, em fase de obra, se proceda a uma verificação dos pressupostos do projeto, no que se refere à natureza do terreno de fundação e ao seu estado de compacidade ou de consistência, “in situ”.

O perfil geológico e os resultados dos ensaios SPT, conjuntamente com a identificação da natureza dos solos ocorrentes, constituem os elementos de informação que serviram de base à definição dos valores das propriedades dos solos, a adotar no cálculo da capacidade resistente dos elementos de fundação do açude, mediante a utilização de correlações empíricas existentes.

Com base nos dados do reconhecimento de campo e na análise dos resultados da prospeção, definem-se, para o açude, os seguintes elementos:

- perfil estratigráfico do sítio;
- posição do nível de água à data da execução das sondagens;
- profundidade a que se prevê a ocorrência de formações com adequada capacidade resistente;
- tipo de fundação (superficial ou profunda);
- valores de cálculo das propriedades de resistência do terreno de fundação a usar nas verificações de segurança;
- eventuais constrangimentos decorrentes de aspetos topográficos, geológicos ou hidrogeológicos particulares, ou de processos geológicos ativos, indiciados pelo reconhecimento de campo ou pelos resultados da prospeção, julgados relevantes para a conceção e dimensionamento das fundações.

Os registos individuais dos trabalhos de prospeção e ensaios de laboratório figuram no tomo dos Anexos e a sua localização e interpretação está representada nas peças desenhadas tanto em planta como em perfil longitudinal geológico e geotécnico.

9.2 RECONHECIMENTO DO LOCAL

a) Geologia

O local situa-se numa baixa aluvionar onde ocorrem depósitos aluvionares constituídos essencialmente por areias fina, silto-argilosa com seixo fino disperso (a_1) e argilas siltosas algo arenosas (a_4).

Subjacente a estes terrenos ocorre a formação do Paleogénico e Miocénico Indiferenciados constituída por arenitos e argilitos subconsolidados.

b) Hidrogeologia

Dada a sua composição arenosa dominante nas unidades a_1 , a_2 e a_3 e os resultados dos ensaios de prospeção realizados, com especial referência aos ensaios Lefranc ($3,9 \times 10^{-5}$ cm/s na a_1 e $3,18 \times 10^{-4}$ cm/s na a_3) executados entre os 4 e os 10,5 m de profundidade, prevê-se que os terrenos destas unidades exibam permeabilidades médias (ver Figura 3.2). Na unidade a_4 , entre os 3 e os 6 m obteve-se do ensaio o valor de $6,45 \times 10^{-5}$ cm/s.

À data da execução das sondagens (janeiro e fevereiro de 2019) foi detetada a ocorrência de água nos furos, a 3,2 e 3,6 m de profundidade nas sondagens SC3 e SC4, respetivamente, não tendo sido, contudo, detetado no poço PC19.

c) Trabalhos de prospeção

O local foi reconhecido por intermédio de 1 poço de prospeção (PC19) e 2 sondagens mecânicas (SC3 e SC4), acompanhadas da execução de ensaios de penetração dinâmica SPT, espaçados de 1,5 m ou sempre que ocorria mudança de terreno e ainda de ensaios de permeabilidade do tipo Lefranc. O poço atingiu 2,3 m de profundidade e as sondagens 15,45 m (SC4) e 16,95 m (SC3).

De acordo com os resultados da sondagem da SC3 ocorre no local a unidade a_1 dos depósitos aluvionares constituída por areia fina, silto-argilosa com seixo fino disperso sobre a unidade a_3 constituída por areia grosseira "lavada" com seixo fino, com níveis finos silto-lodosos no topo. A unidade a_4 , também dos depósitos aluvionares, ocorre na sondagem SC4, subjacente aos aterros, sendo constituída por argila siltosa, algo arenosa. Subjacente a todos estes materiais recentes ocorrem areias finas a grosseiras, siltosas, com algum seixo disperso e argilas siltosas, também com seixo disperso, pertencentes ao Paleogénico e Miocénico Indiferenciados. No poço PC19, subjacente aos aterros ocorre ainda a unidade a_2 dos depósitos aluvionares que é constituída por areia média a grosseira, siltosa, com níveis silto-argilosos e seixo fino disperso.

Estima-se que no local estes depósitos aluvionares possuam uma espessura de cerca de 3,5 a 8,5 metros. Refere-se que ainda sobre estes depósitos ocorrem aterros diversos, com uma espessura de 2 a 2,5 m, constituídos essencialmente por areias de granulometria variável, siltosas, muito argilosas por vezes com seixo e pequenos fragmentos líticos.

9.3 CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO

De acordo com as condições geológicas acima descritas e da análise dos resultados dos trabalhos de prospeção, preconiza-se a fundação indireta do açude do Casal da Rola por meio de microestacas com bolbo de selagem nas areias finas, muito silto-argilosas e muito compactas ($N_{SPT} \geq 60$) e nas argilas siltosas, com seixo disperso de consistência rija ($N_{SPT} \geq 60$), a partir de profundidades da ordem de 12,0 (SC3) a 13,5 m (SC4).

Dada a presença de água próxima da cota do terreno natural, deverá considerar-se a eventualidade das microestacas ficarem submersas, ou seja, deverá considerar-se este fator no seu dimensionamento.

Tendo em conta as limitações dos dados de base, recomenda-se que, em fase de obra, se proceda à verificação das condições de fundação assumidas, através da observação direta do terreno proveniente da furação.

Lisboa, novembro de 2019