

# **GEOTECNIA E FUNDAÇÕES - SOLUÇÕES DE OBRAS EM ZONAS URBANAS**

Relatório de Projeto

**Thiago Cumaru de Mello**

Mestrado em Reabilitação Urbana  
Área de Especialização: Infraestruturas

**Tomar/ janeiro / 2021**





**Thiago Cumaru de Mello**

# **GEOTECNIA E FUNDAÇÕES - SOLUÇÕES DE OBRAS EM ZONAS URBANAS**

Relatório de Projeto

Orientado por:

Professora Doutora Ana Paula Gerardo Machado

Relatório de Projeto apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar  
para cumprimento dos requisitos necessários  
à obtenção do grau de Mestre em Reabilitação Urbana.

## DEDICATÓRIA

Primeiramente, ao meu amigo de todas as horas, Jesus por ter me dado força para chegar até aqui. A minha esposa Débora Brasil Cumaru pelo apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nos de incerteza, muito comuns para quem trilha novos caminhos. Sem você nenhuma conquista valeria a pena.

Aos meus pais Leide Cumaru e Luiz Fernando Moura (*“In memoriam”*), que dignamente me apresentaram a importância da família e do caminho da honestidade e persistência.



## RESUMO

O presente trabalho foi realizado no âmbito da unidade curricular projeto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Reabilitação Urbana pelo Instituto Politécnico de Tomar.

Neste trabalho são apresentados alguns conceitos de geologia e geotecnia em soluções de obras em zonas urbanas. Tem como objetivo sensibilizar para a realização de estudos geotécnicos como prevenção de alguns incidentes que envolvem fundações e contenções em zonas urbanas. São apresentados os diferentes tipos de reforços nas fundações em edifícios.

As fundações são o elemento estrutural responsável por transmitir as cargas de qualquer estrutura ao solo e são projetadas em função da estrutura que suportam, das cargas que recebem e do tipo de solo onde assentam. Destaca-se, assim, a importância do sistema de fundações, como um elemento indispensável a qualquer obra de engenharia e responsável pela sua estabilidade, funcionalidade e manutenção.

É apresentado, como caso de estudo, a construção de um empreendimento, em meio urbano, com grande complexidade geotécnica. São evidenciadas as soluções propostas para a estrutura e para as contenções periféricas. Foram analisadas e são apresentadas as condições geotécnicas.

Por fim, são apresentadas algumas conclusões, verificando-se que o objetivo proposto foi atingido, podendo-se constatar ainda mais a importância do estudo geotécnico que é muitas vezes sub-utilizado nos estudos de sítio.

**Palavras-chave:** Obras em zonas urbanas, geologia, geotecnia, fundações e contenções periféricas.

## ABSTRACT

This project was carried out within the scope of the project curricular unit to meet the necessary requirements to obtain the master's degree in Urban Rehabilitation by the Polytechnic Institute of Tomar.

This project report presents some concepts of geology and geotechnics for the construction and work of construction solutions in urban areas. Aims to raise awareness of the need for geotechnical studies to prevent some incidents that involve foundations.

Foundations are the structural element responsible for transmitting the loads of any structure to the ground are designed according to the structure they support, the loads they receive and the type of soil on which they rest. Thus, the importance of the foundation system stands out, being an indispensable element to any engineering work and responsible for its stability, functionality and maintenance.

The case study is a construction with important geotechnical aspects and evidences the structural solutions proposed for the structure and peripheral earth retaining structures applied to the case, evaluating everything that involves the geotechnics and the urban environment.

Finally, some conclusions were drawn, the proposed objectives were achieved, and highlighted the importance of geotechnical studies, which is often underused.

**Keywords:** Construction in urban areas, geology, geotechnics, foundation, peripheral earth retaining structures solutions.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por proporcionar-me a realização deste grande sonho e por ter me dado forças para superar os obstáculos vividos no decorrer da minha vida até aqui.

Neste momento, agradeço à minha orientadora Doutora Ana Paula Machado pela sua mentoria, disponibilidade em orientar-me, interesse e acompanhamento durante o desenvolvimento deste projeto. O seu apoio e incentivo foram determinantes para a conclusão deste sonho.

A todos os Professores do Mestrado em Reabilitação Urbana pelos ensinamentos que me proporcionaram um grande crescimento e amadurecimento profissional.

Um agradecimento especial à minha esposa Débora Brasil Cumaru, com amor, pelo permanente incentivo e preocupação com que sempre acompanhou a minha trajetória acadêmica.

Aos meus pais, Leide Cumaru e Luiz Fernando Moura (“In memoriam”), por tudo o que me ensinaram, pelos conselhos verdadeiros e sinceros que moldaram a pessoa que hoje sou, e aos meus irmãos Ellen e Luiz Fernando.

Um agradecimento, também, aos meus sogros, Liz Brasil e Antônio Carlos, duas pessoas que mesmo longe sempre me incentivaram, apoiaram e estiveram presentes em todos os momentos, apesar da distância, por estarem num país distante. Sempre me apoiaram, através das suas orações.

Para todos os meus queridos familiares e amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste sonho.

A todos vós, o meu muito obrigado!



# ÍNDICE

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....                                             | 1  |
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                       | 1  |
| 1.1. Enquadramento.....                                                  | 1  |
| 1.2. Objetivos.....                                                      | 2  |
| 1.3. Metodologia de Trabalho.....                                        | 3  |
| 1.4. Estrutura do Relatório.....                                         | 3  |
| CAPÍTULO 2 – CONCEITOS DE GEOLOGIA E GEOTECNIA.....                      | 4  |
| 2.1. Geologia e Geotecnia no Planeamento Urbano.....                     | 4  |
| 2.1.1 Noções de Geologia .....                                           | 10 |
| 2.1.2 Noções de Geotecnia.....                                           | 10 |
| 2.1.3. Solo .....                                                        | 11 |
| 2.1.4 Prospeção e ensaios.....                                           | 14 |
| 2.1.4.1 Standard Penetration Test (SPT).....                             | 14 |
| 2.1.4.2 Cone Penetration Test (CPT) ou CPTU .....                        | 15 |
| 2.1.4.3 Ensaios de permeabilidade em campo .....                         | 16 |
| 2.1.4.4 Ensaio de corte rotativo ou molinete.....                        | 18 |
| 2.1.4.5. Ensaios de laboratório para identificação e classificação ..... | 19 |
| 2.1.4.6. Ensaios de laboratório para caracterização mecânica .....       | 21 |
| 2.2. Reforço ou melhoramento do solo .....                               | 22 |
| 2.3. Aplicações .....                                                    | 22 |
| 2.4. Técnicas de Consolidação .....                                      | 24 |
| 2.5. Técnicas de Compactação .....                                       | 25 |
| 2.5.1. Compactação dinâmica .....                                        | 25 |
| 2.5.2. Vibro compactação .....                                           | 26 |
| 2.6. Técnicas de Reforço .....                                           | 27 |
| 2.6.1. Coluna de britas .....                                            | 27 |
| CAPÍTULO 3 - FUNDAÇÕES .....                                             | 30 |
| 3.1. Fundações .....                                                     | 30 |
| 3.2. Fundações superficiais ou diretas .....                             | 30 |
| 3.2.1. Sapatas .....                                                     | 30 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.1.1. Tipos de Sapatas .....                                                    | 33 |
| 3.2.1.2. Sapatas isoladas .....                                                    | 34 |
| 3.2.1.3. Sapata corrida .....                                                      | 34 |
| 3.2.1.4. Sapatas associada.....                                                    | 35 |
| 3.2.1.5. Bloco de Fundação .....                                                   | 36 |
| 3.2.1.6. Ensoleiramento Geral .....                                                | 37 |
| 3.2.1.6.1. Classificação do ensoleiramento geral de acordo com sua geometria.....  | 38 |
| 3.3. Fundações Profundas.....                                                      | 40 |
| 3.3.1. Estacas moldadas .....                                                      | 42 |
| 3.3.2. Estacas cravadas .....                                                      | 42 |
| CAPÍTULO 4 – PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES .....                                         | 44 |
| 4.1. Causas e efeitos das patologias em fundações .....                            | 44 |
| 4.1.1. Construção sobre aterros.....                                               | 47 |
| 4.1.2. Presença de água perante solos expansíveis e colapsíveis.....               | 47 |
| 4.1.3. Vegetação junto das edificações .....                                       | 49 |
| 4.1.4. Cavidades naturais e antrópicas .....                                       | 50 |
| 4.1.5. Fundações heterogêneas e heterogeneidade do solo.....                       | 52 |
| 4.1.6. Construção de edifícios de grande porte junto de edifícios existentes ..... | 53 |
| 4.1.7. Fundações profundas levadas a profundidade insuficiente.....                | 54 |
| 4.1.8. Ocorrência de atrito negativo em estacas .....                              | 55 |
| CAPÍTULO 5 – TÉCNICAS PARA REFORÇO DE FUNDAÇÕES .....                              | 56 |
| 5.1. Técnicas para Reforço de Fundações .....                                      | 56 |
| 5.1.1. Normas regulamentadoras .....                                               | 57 |
| 5.2. Requisitos para o reforço de fundações.....                                   | 57 |
| 5.3. Tipos de intervenção de reforço .....                                         | 58 |
| 5.3.1 Reforço de fundações sem aprofundamento .....                                | 58 |
| 5.3.2. Reforço de fundações com aprofundamento .....                               | 58 |
| 5.4. Técnicas de Reforço .....                                                     | 59 |
| 5.4.1. Microestacas .....                                                          | 59 |
| 5.4.2. Jet grouting .....                                                          | 61 |
| 5.5. Casos reais da aplicação de técnicas para reforço de fundações.....           | 61 |
| 5.5.1. Theatro Circo de Braga.....                                                 | 62 |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 5.5.2. Palácio Sotto mayor .....                       | 65 |
| CAPÍTULO 6 - CONTENÇÕES.....                           | 67 |
| 6.1. Contensões .....                                  | 67 |
| 6.2. Muros de suporte .....                            | 67 |
| 6.2.1. Muros de gabiões .....                          | 68 |
| 6.2.2. Muros de terra armada .....                     | 68 |
| 6.2.3. Muros de betão armado.....                      | 69 |
| 6.3. Paredes de Contenção.....                         | 71 |
| 6.3.1. Paredes tipo Berlim e tipo Munique .....        | 72 |
| 6.3.2. Paredes moldadas.....                           | 73 |
| 6.3.3. Cortinas de estacas .....                       | 75 |
| 6.4. Ancoragens .....                                  | 76 |
| CAPÍTULO 7 - ESTUDO DE CASO .....                      | 79 |
| 7.1. Introdução.....                                   | 79 |
| 7.2. Arquitetura.....                                  | 80 |
| 7.3. Enquadramento.....                                | 81 |
| 7.3.1. Confrontações .....                             | 81 |
| 7.3.2. Zoneamento.....                                 | 81 |
| 7.4. Relatório Geológico-Geotécnico .....              | 82 |
| 7.5. Trabalhos Iniciais .....                          | 84 |
| 7.6. Dimensionamento Estrutural .....                  | 85 |
| 7.6.1. Critérios de Segurança e Ações Envolventes..... | 85 |
| 7.7. Ações .....                                       | 86 |
| 7.7.1. Peso próprio dos elementos estruturais .....    | 86 |
| 7.7.2. Restante carga permanente.....                  | 86 |
| 7.7.2.1. Zona 1 – Corpo A.....                         | 86 |
| 7.7.2.2. Zona 2 – Corpos B a E .....                   | 87 |
| 7.7.3. Sobrecargas .....                               | 88 |
| 7.7.3.1. Zona 1 – Corpo A.....                         | 88 |
| 7.7.3.2. Zona 2 – Corpos B a E .....                   | 88 |
| 7.8. Parâmetros de Dimensionamento .....               | 89 |
| 7.8.1. Modelos de análise estrutural.....              | 89 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.8.2. Fases Construtivas .....                                                                 | 90  |
| 8. Dimensionamento da Contenção Periférica .....                                                | 98  |
| 8.1. Impulsos – Pressão sobre as Paredes.....                                                   | 98  |
| 9. Dimensionamento das Ancoragens .....                                                         | 99  |
| 9.1. Dimensionamento Externo .....                                                              | 99  |
| 9.2. Dimensionamento Interno .....                                                              | 100 |
| 9.3. Dimensionamento Geotécnico .....                                                           | 101 |
| 10. Dimensionamento das Microestacas .....                                                      | 102 |
| 10.1. Dimensionamento estrutural .....                                                          | 102 |
| 10.2. Dimensionamento geotécnico.....                                                           | 103 |
| 11. Dimensionamento das Armaduras do Muro de Berlim.....                                        | 104 |
| 12. Monitorização e Instrumentação .....                                                        | 104 |
| 12.1. Instrumentação .....                                                                      | 105 |
| 12.2. Alvos topográficos ao longo das frentes de escavação .....                                | 106 |
| 12.3. Células de carga .....                                                                    | 107 |
| 13. Condicionantes do Projeto .....                                                             | 108 |
| 13.1. Condicionantes .....                                                                      | 108 |
| 13.1.1. Traçado da Hipótese 4A .....                                                            | 109 |
| 13.1.2. Traçado da Hipótese 2009 .....                                                          | 110 |
| 13.1.3. Traçado da Hipótese 2 .....                                                             | 111 |
| 13.2. Detalhamento das Alterações do Projeto .....                                              | 113 |
| 13.2.1. Projeto da contenção periférica .....                                                   | 113 |
| 13.2.2. Projeto de Estruturas (Fundações e Superestrutura).....                                 | 114 |
| 13.2.2.1. Estruturas de transferência entre os pios -4 e -3 (Traçado da Hipótese 2009)<br>..... | 114 |
| 13.2.2.2. Estruturas de Transferência entre pisos -2 e -1 (Traçado da Hipótese 2)..             | 115 |
| CAPÍTULO 8 - CONCLUSÃO .....                                                                    | 118 |
| BIBLIOGRAFIA.....                                                                               | 119 |
| ANEXOS.....                                                                                     | 124 |
| Anexo 1: Relatório Geotécnico .....                                                             | 125 |
| Anexo 2- Memória de Cálculo.....                                                                | 157 |
| Anexo 3-. Planta de Fundações .....                                                             | 172 |



|                            |     |
|----------------------------|-----|
| Anexo 4. CORTE A2-A2 ..... | 173 |
| Anexo 5. Corte B2-B2 ..... | 175 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Vista urbanística do estudo de caso .....                                                                | 4  |
| Figura 2: Perfil geológico esquemático mostrando o escorregamento e as medidas de estabilização propostas .....    | 7  |
| Figura 3: Fundações do Convento com microestacas antes da construção do túnel 62.....                              | 8  |
| Figura 4: Tomografia de velocidades das ondas P antes e após o tratamento do maciço de fundação com injeções ..... | 9  |
| Figura 5: Fases constituintes do solo.....                                                                         | 12 |
| Figura 6: Ensaio de campo .....                                                                                    | 15 |
| Figura 7: <i>Cone Penetration Test (CPT)</i> .....                                                                 | 16 |
| Figura 8: Ensaio de permeabilidade Lefranc .....                                                                   | 17 |
| Figura 9: Ensaio de permeabilidade Lugeon.....                                                                     | 18 |
| Figura 10: Equipamento para ensaio de corte rotativo-molinete .....                                                | 18 |
| Figura 11: Diagrama Semilogarítmico .....                                                                          | 20 |
| Figura 12: Ensaio de compressão triaxial .....                                                                     | 21 |
| Figura 13: Cisalhamento direto .....                                                                               | 22 |
| Figura 14: Técnicas de reforço.....                                                                                | 23 |
| Figura 15: Posicionamento das técnicas de melhoramento ou reforço de solos .....                                   | 24 |
| Figura 16: Técnica de Consolidação .....                                                                           | 25 |
| Figura 17: Compactação dinâmica.....                                                                               | 26 |
| Figura 18: Vibro compactação .....                                                                                 | 27 |
| Figura 19: Coluna de britas .....                                                                                  | 28 |
| Figura 20: Conjunto (solo+brita).....                                                                              | 29 |
| Figura 21: Trajetória das Tensões Principais da Viga-Parede .....                                                  | 31 |
| Figura 22: Tipos de formas de sapatas .....                                                                        | 32 |
| Figura 23: Força normal aplicada as sapatas.....                                                                   | 33 |
| Figura 24: Sapata isolada .....                                                                                    | 33 |
| Figura 25: Pilar aplicado nas sapatas .....                                                                        | 34 |
| Figura 26: Sapata corrida .....                                                                                    | 35 |
| Figura 27: Sapata associada .....                                                                                  | 35 |
| Figura 28: Perfil - Sapata Associada .....                                                                         | 36 |

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29: Bloco de coroamento .....                                                                                           | 36 |
| Figura 30: Ensoleiramento geral .....                                                                                          | 37 |
| Figura 31: Fundação superficial .....                                                                                          | 38 |
| Figura 32: Ensoleiramento geral do tipo liso .....                                                                             | 39 |
| Figura 33: Ensoleiramento com pedestais ou cogumelos .....                                                                     | 39 |
| Figura 34: Nervurado .....                                                                                                     | 39 |
| Figura 35: Ensoleiramento do tipo caixaõ.....                                                                                  | 40 |
| Figura 36: Fundação profunda.....                                                                                              | 41 |
| Figura 37: Classificação das estacas quanto ao processo construtivo .....                                                      | 41 |
| Figura 38: Estacas moldadas .....                                                                                              | 42 |
| Figura 39: (a) Estacas metálicas / (b): Estacas de madeira / (c) Estacas pré-moldadas .....                                    | 43 |
| Figura 40: Principais causas de anomalias nas construções .....                                                                | 44 |
| Figura 41: Interação solo-estrutura perante o assentamento de fundações .....                                                  | 46 |
| Figura 42: Fissuras e fendas típicas de assentamentos de fundações .....                                                       | 46 |
| Figura 43: Fissuras e fendas típicas de assentamentos de fundações .....                                                       | 48 |
| Figura 44: Exemplos de danos devido a variações volumétricas .....                                                             | 49 |
| Figura 45: Assentamentos induzidos por raízes .....                                                                            | 50 |
| Figura 46: Quarteirão afetado pela subsidência devido ao rebaixamento do nível freático                                        | 51 |
| Figura 47: Danos provocados pelo carregamento não constante .....                                                              | 52 |
| Figura 48. Cruzamento do bolbo de tensões de edifícios muito próximos.....                                                     | 53 |
| Figura 49: Microestacas implementadas em fundações acessíveis de um só lado.....                                               | 60 |
| Figura 50: Procedimentos utilizados na aplicação de <i>jet grouting</i> .....                                                  | 61 |
| Figura 51: Fachada do Theatro Circo de Braga.....                                                                              | 62 |
| Figura 52: Perfil geológico Theatro Circo de Braga – Corte longitudinal .....                                                  | 63 |
| Figura 53: Escavações junto às microestacas .....                                                                              | 64 |
| Figura 54: Blocos de sustentação da estrutura existente apoiados nas microestacas (esquerda)<br>no Theatro Circo de Braga..... | 64 |
| Figura 55: Vista geral da solução de reforço interior do palácio de Sotto Mayor.....                                           | 66 |
| Figura 56: Muros de Gabiões .....                                                                                              | 68 |
| Figura 57: Muros de terra armada .....                                                                                         | 69 |
| Figura 58: Muro de betão armado .....                                                                                          | 70 |
| Figura 59: Muro de betão armado .....                                                                                          | 70 |

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 60: Paredes de contenção .....                                                                                  | 71  |
| Figura 61: Paredes tipo Berlim.....                                                                                    | 72  |
| Figura 62: Exemplo de paredes moldadas.....                                                                            | 74  |
| Figura 63: Cortinas de estacas.....                                                                                    | 75  |
| Figura 64: Barragem de Cheufra, na Argélia, perfil geológico e ancoragem.....                                          | 76  |
| Figura 65: Perfil transversal da Encosta das Portas do Sol .....                                                       | 77  |
| Figura 66: Localização do empreendimento do caso de estudo.....                                                        | 79  |
| Figura 67: Projeto 3D dos alçados dos edifícios .....                                                                  | 80  |
| Figura 68: Zonas de intervenção .....                                                                                  | 81  |
| Figura 69: Furação a trado .....                                                                                       | 82  |
| Figura 70: Fase de demolição.....                                                                                      | 84  |
| Figura 71: Vedação da obra .....                                                                                       | 90  |
| Figura 72: Vedação da obra .....                                                                                       | 91  |
| Figura 73: Preparação da plataforma de trabalho.....                                                                   | 91  |
| Figura 74: Construção de microestacas.....                                                                             | 92  |
| Figura 75: Utilização de obturador duplo .....                                                                         | 92  |
| Figura 76: Cofragem na zona da fase do intradorso.....                                                                 | 93  |
| Figura 77: Escavação alternada dos painéis .....                                                                       | 94  |
| Figura 78: Negativos para a realização das ancoragens .....                                                            | 94  |
| Figura 79: Realização de ensaios de receção .....                                                                      | 95  |
| Figura 80: Muro com os painéis betonados e ancorados .....                                                             | 95  |
| Figura 81: Troço do muro de contenção .....                                                                            | 96  |
| Figura 82: Abertura do caboco.....                                                                                     | 96  |
| Figura 83: Execução das restantes fundações do edifício, do sistema de drenagem interior, superestrutura e lajes ..... | 97  |
| Figura 84: Contenção .....                                                                                             | 105 |
| Figura 85: Edifício vizinho a obra.....                                                                                | 106 |
| Figura 86: Alvo topográfico.....                                                                                       | 107 |
| Figura 87: Exemplo de células.....                                                                                     | 108 |
| Figura 88: Projeto com as condicionantes.....                                                                          | 109 |
| Figura 89: Ancoragens provisórias da contenção dos pisos enterrados com a Estação das Amoreiras .....                  | 110 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 90: Hipótese 2009 refere-se ao traçado verde na planta .....     | 111 |
| Figura 91: Hipótese 2 corresponde à área azul na planta .....           | 111 |
| Figura 92: Cota máxima do coroamento do túnel .....                     | 112 |
| Figura 93: Figura: Alinhamentos utilizando traços de cor ou setas ..... | 114 |
| Figura 94: Planta de fundações do edifício .....                        | 115 |
| Figura 95: Proximidade do eixo 14 .....                                 | 116 |
| Figura 96: Comportamento da estrutura .....                             | 116 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1: Principais vantagens de Paredes tipo Berlim e Tipo Munique..... | 73  |
| Tabela 2: Vantagens e desvantagens das paredes moldadas .....             | 74  |
| Tabela 3: Vantagens e desvantagens das cortinas de estacas moldadas ..... | 76  |
| Tabela 4: Segurança das ancoragens .....                                  | 101 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1: Parâmetros físicos e mecânicos – Deformidade dos horizontes geotécnicos .... | 83 |
| Quadro 2: Parâmetros geomecânicos – Projeto de contenção periférica .....              | 83 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LL - Limite de liquidez

LP - Limite de plasticidade

LR - Limite de retração

CPT - *Cone Penetration Test*

SPT - *Standard Penetration Test*

RSA - Regulamento de Segurança e Ações

REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado

REAE – Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios

NP – Norma Portuguesa





# **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

## **1. INTRODUÇÃO**

Com as características particulares das áreas urbanas, nomeadamente as dificuldades de efetuar observações geológicas num meio densamente construído, a geologia é muitas vezes subutilizada nos estudos de sítio, apesar de se reconhecer que as derrapagens de custos e de prazos e as reclamações devidas a condições geológicas inesperadas são, em regra, consequência de uma compreensão deficiente da geologia dos sítios. Neste trabalho apresenta-se alguns conceitos de geologia e geotecnia úteis para a construção e trabalhos de reabilitação urbana. Pretende-se sensibilizar para a necessidade de realização de estudos geotécnicos para prevenir alguns dos incidentes.

A fundação é um elemento de uma estrutura responsável por transmitir as cargas para o terreno. Essa transmissão deve ser feita de forma adequada, ou seja, sem gerar problemas de qualquer natureza para a estrutura. A transferência deve ser realizada com segurança em relação à rotura e aos assentamentos que devem ser compatíveis com o tipo e utilização da estrutura.

É natural ocorrer desgaste ou arrastamento do material por ação das forças de percolação da água que circula no solo ou por enchentes, roturas provocadas por sismos que afetam as fundações, tornando necessário o reforço, que representa uma intervenção no sistema solo-fundação-estrutura existente que precisa de ser estudado com atenção. Mais especificamente, neste relatório de projeto são apresentados os tipos de reforço de fundações, sendo também realizada uma análise e comparações dos diferentes tipos de reforços nas fundações em edifícios, que frequentemente acomodam cargas adicionais durante a sua vida útil por inclusão, melhoria ou aumento de estruturas existentes. Desta forma, para se conseguir uma intervenção eficaz, recorre-se ao reforço de fundações quando se acrescentam pisos aos edifícios existentes.

### **1.1. Enquadramento**

O tema Geotecnia e Fundações - Soluções de Obras em Zonas Urbanas surgiu do interesse em aprofundar este tema, premente, da construção atual em que nos grandes aglomerados urbanos predominam as obras de reabilitação, demolição e construção de novos

empreendimentos. Nestes casos, a necessidade de espaço para alojamento, comércio e estacionamento obriga à construção de vários pisos abaixo da superfície do terreno sendo necessário o reconhecimento geológico e geotécnico para caracterização dos materiais e estruturas geológicas e identificação da posição dos níveis freáticos. Quando se trata de reabilitação implica alterações das fundações existentes, neste e nos restantes casos pode haver interferência com as redes de infraestruturas existentes e efeitos no comportamento das construções e infraestruturas que se encontram na envolvente. A deteção das infraestruturas enterradas requer a utilização de equipamento específico. A análise do efeito das escavações na estabilidade dos taludes e na redução das tensões de confinamento com consequente deformação dos solos, carece de dados que se obtém no estudo geotécnico.

O reforço de fundações é essencial nas obras de reabilitação de edifícios para as adequar às novas cargas, mas, também, em edifícios novos, para correção de patologias associadas às deformações resultantes do comportamento dos terrenos de fundação, erros de projeto, trabalhos na envolvente ou outras causas. Por esta razão será abordado este tema.

Procura-se neste trabalho apresentar os diferentes tipos de fundações e de reforço de fundações executados em obra. A abordagem ao tema passa, necessariamente, pelo conceito de geotecnia e pela sua importância em obras de reabilitação ou renovação em especial, em meio urbano.

## **1.2. Objetivos**

- Analisar a necessidade de estudos geotécnicos na definição do tipo de contenções e fundações;
- Analisar o efeito das patologias resultantes de fatores associados à Geologia;
- Apresentar o estado da arte em matéria de contenções e fundações;
- Analisar a necessidade de acréscimo de resistência através de métodos de reforço de fundações;
- Concluir com a apresentação das razões que justificam a importância dos estudos geotécnicos em obras de reabilitação, renovação ou regeneração, nomeadamente, em meio urbano.

### **1.3. Metodologia de Trabalho**

O trabalho iniciou com a pesquisa bibliográfica exploratória, que permitiu obter teorias e informações úteis. Assim, o estudo cumpriu a pesquisa documental e bibliográfica.

Segundo Figueiredo (2011), a pesquisa exploratória tem por finalidade aumentar, explicar e transformar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses para estudos posteriores. Assim, foi feita toda a pesquisa teórica com o intuito de descobrir os objetivos e hipótese propostas.

De acordo com Andrade (2018), a coleta de dados tem um alto grau para a execução de todas estas exigências metodológicas, isto é, demandar tempo de estudo, além de um relatório de pré-projeto muito bem estruturado e com um componente de pesquisa muito bem definido.

Após a pesquisa bibliográfica e a análise de casos de obra disponíveis, foram definidos os objetivos. Ao longo do período de trabalho foram realizadas visitas a obras.

Por fim, foi selecionada uma obra que pelas suas características, contemplava vários trabalhos de geotecnia e fundações. Foram realizadas visitas à obra e estudado todo o processo desde a fase de projeto. Com os dados coletados foi elaborado o relatório.

### **1.4. Estrutura do Relatório**

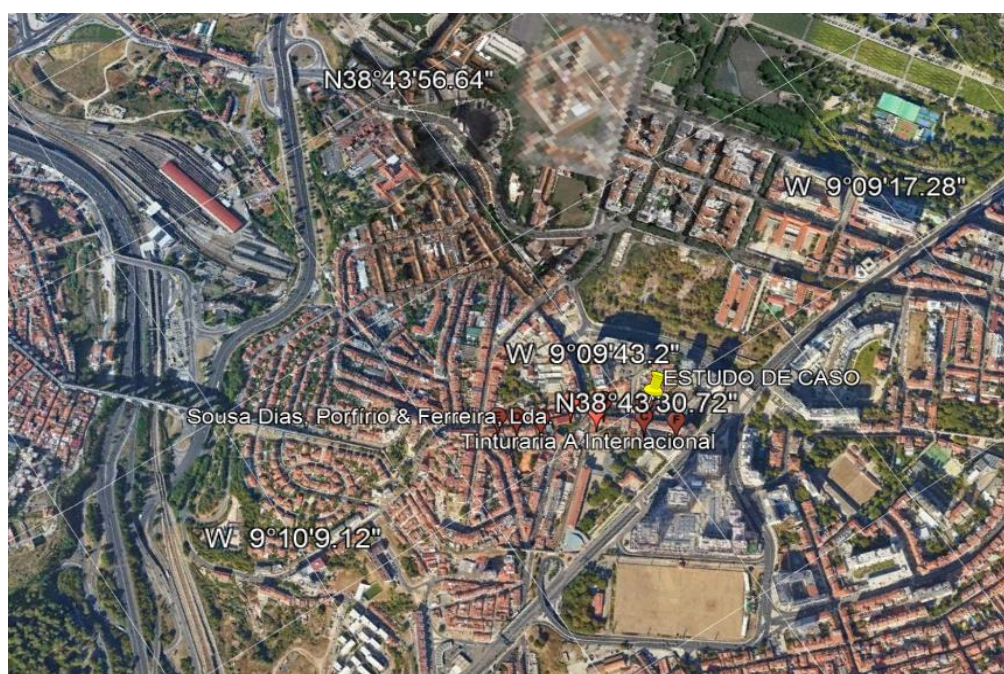
Este relatório é constituído por oito capítulos. No capítulo 1 é apresentada a introdução, enquadramento, objetivos, metodologia de trabalho e estrutura do relatório. No capítulo 2, apresenta-se conceitos de geologia e geotécnica no planeamento urbano. O capítulo 3 aborda a parte teórica que envolve as fundações. O capítulo 4, refere-se às patologias associadas às fundações. No capítulo 5, apresenta-se as principais técnicas de reforço de fundações. No capítulo 6, descreve-se as estruturas de contenção. No capítulo 7 apresenta-se o caso de estudo realçando os seus aspetos particulares e no capítulo 8 apresenta-se as conclusões.

## CAPÍTULO 2 – CONCEITOS DE GEOLOGIA E GEOTECNIA

### 2.1. Geologia e Geotecnia no Planeamento Urbano

É relevante estudar o solo em zonas urbanas e rurais a fim de prevenir riscos geológicos em áreas ocupadas.

A Geologia é uma ciência relativamente nova. Em 1830 tem-se registo de uma publicação do Sir Charles Lyell, “Princípios da Geologia”, que defendia alguns processos geológicos. Todavia, como ciência a Geologia somente se torna efetiva a partir de XIX, depois da revolução industrial e do aparecimento de grandes áreas urbanas que apresentavam grandes riscos geológicos. A Geologia de Planeamento Urbano é uma ciência especializada nas relações entre o homem e o seu meio ambiente físico de engenharia civil, com a própria terra que se encontra” (Almeida; Nogueira; Goulart, 2015). Os estudos geotécnicos em áreas urbanas somente se desenvolveram com o uso de projetos e construções de edifícios e de infraestruturas urbanas (grandes fundações, escavações, obras subterrâneas e de suporte, redes enterradas).



**Figura 1:** Vista urbanística do estudo de caso

**Fonte:** Google Mapas, (2020).

Na Figura 1 pode ver-se os arredores do edifício, que é o tema do estudo de caso descrito no último capítulo deste relatório. Ilustra a dificuldade em realizar um estudo geotécnico prévio, em zona densamente povoada. No entanto, esse trabalho é indispensável e deve ser bem elaborado para avaliar condicionantes que podem envolver esta obra num meio urbano tão denso.

A geologia de planeamento se baseia na produção de documentos de topografia, cartografia, ou não, em zonas urbanas, suburbanas e rurais com cunhos em geoecologia bem como o geoprocessamento. Todos estes documentos e estudos, em termos conceptuais, são intrínsecos à geologia e são aplicados, com a finalidade de se obter sucesso em possíveis sinistros naturais e ou mitigação de problemas e soluções no campo da construção civil. (Lorandi; Menezes, 2020).

Quanto à geologia estrutural urbana são necessários dados de três áreas básicas Topografia, Geodesia e Cartografia que se subdividem como a seguir se indica (Sobreira; Souza, 2015).

- **Topografia (Sensoriamento Remoto, Fotogeologia):** Serve para medir e mapear a superfície de uma área seja esta, rural ou urbana. Os usos destes dados iniciais são utilizados para contabilizar áreas, construir plantas e projetos arquitetónicos.
- **Levantamento planimétrico:** é um levantamento topográfico com características de medidas específicas horizontais, usado especialmente nos limites de um terreno.
- **Levantamento altimétrico:** é a medição e projeção de altura de um terreno, registando graus de declividade de sua área.
- **Levantamento planialtimétrico:** união entre os levantamentos planimétrico e altimétrico consiste num método para medição das projeções horizontais e as diferenças de alturas de um relevo. Gerando um relatório mais completo de mapeamento.
- **A Geodésia** é a ciência que estuda as dimensões da Terra e suas formas, subdivisão da geofísica responsável pelo campo gravitacional, sistemas de coordenadas e locação de pontos fixos, ou parte de uma área de terreno.

Cartografia: ciência que estuda e produz mapas e representações cartográficas, surgindo no ano de 2.500 a.C. quando foi confeccionado pelos Sumérios, o primeiro mapa registrado na

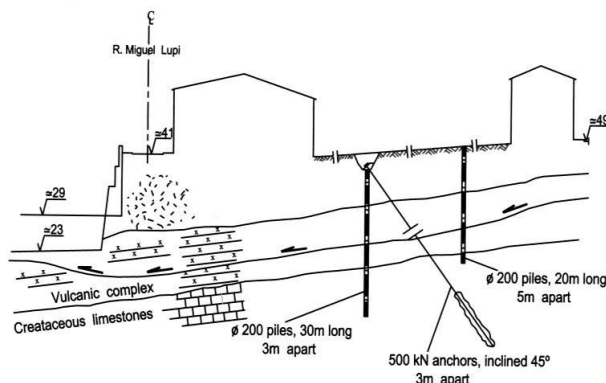
história: uma placa de barro, em caracteres de escrita suméria chamada “cuneiformes”. (Sobreira; Souza, 2015). Uma ressalva, a se destacar é que a passagem da cartografia geológica, para a cartografia geotécnica, consiste na formação técnica direcionada com objetivos de obras específicas de engenharia. As cartas geotécnicas permitem a definição de parâmetros que são de interesses para as zonas urbanísticas como exemplo: a gestão de risco, em áreas a ocupar ou já ocupadas, definição de medidas estruturais e não estruturais de mitigação ou anulamento de eventuais problemas. As cartas geotécnicas são constituídas, de um modo geral, por uma carta síntese, uma legenda e um texto explicativo (Andrade; Ferreira, 2017, *Apud* Freitas, 2000).

Com as ciências de base associadas à Geologia e à Geotecnia esta especialidade deveria ter um papel fundamental na formulação de um modelo geológico conceptual indispensável para a antecipação de problemas, planificação dos trabalhos de prospeção e interpretação de resultados com vista à redução da incerteza geológica.

Exemplos de má prática do uso da Geotecnia em zonas urbana e a conclusão de que a noção de sítio geotécnico não se deve limitar à área a ocupar com as novas edificação mas ser um critério de definição da profundidade e da extensão lateral do estudo geotécnico foram apresentados no artigo “O valor acrescentado da Geologia nos estudos Geotécnicos em áreas urbanas” de António Gomes Coelho (2006). Deste trabalho foram selecionados dois exemplos elucidativos.

A construção de um novo edifício em Lisboa, nos anos 90, ilustra as consequências de um estudo geotécnico focado, apenas, no local de implantação da obra. “*Ao falhar a compreensão das condições geológicas que enquadravam o sítio da obra, o estudo geotécnico foi incapaz de antecipar os impactes da nova construção nas estruturas adjacentes, apesar de corresponderem a uma situação geológica e a um comportamento relativamente bem conhecidos na região de Lisboa*”. No subsolo devido à estrutura inclinada dos estratos de rocha (calcários cretácicos cobertos por tufos do complexo vulcânico de Lisboa) as escavações para a construção de um edifício com caves, num local desfavorável do ponto de vista topográfico e da estrutura geológica, desencadearam um escorregamento planar ao longo de uma delgada intercalação de argila basáltica. Surgiram sinais de instabilidade sob a forma de fissuras nos pavimentos e nos edifícios que se estenderam para além dos limites da escavação (mais de 60 m) pondo em risco os arruamentos e os edifícios adjacentes à obra e a própria obra. A construção foi interrompida e o projeto alterado e

implementadas medidas onerosas para a remediação. Na Figura 2 pode ver-se o perfil geológico esquemático com o escorregamento e as medidas de estabilização propostas.



**Figura 2:** Perfil geológico esquemático mostrando o escorregamento e as medidas de estabilização propostas

**Fonte:** Coelho, 2008.

Outro erro comum, apontado neste artigo, é o recurso ao estudo geotécnico numa fase demasiado avançada do projeto, quando algumas decisões fundamentais já foram tomadas. Os estudos geotécnicos devem analisar a adequação do sítio aos requisitos do empreendimento e avaliar a sua viabilidade técnica e económica.

Na década de 90, a extensão da rede do Metropolitano de Lisboa implicou a construção de dois túneis (túneis 60 e 62) no centro histórico da Baixa de Lisboa sob a Colina do Carmo. As ruínas do Convento do Carmo, um edifício histórico do século XIV, situavam-se diretamente sobre o traçado dos túneis projetados.

A geologia da colina do Carmo era conhecida. A sequência estratigráfica é constituída por duas formações sedimentares miocénicas de origem marinha:

*“Areolas da Estefânia”, constituída por areias finas siltosas de compacidade média a elevada, com intercalações descontínuas de calcarenitos brandos, 20 a 24 metros de espessura;*

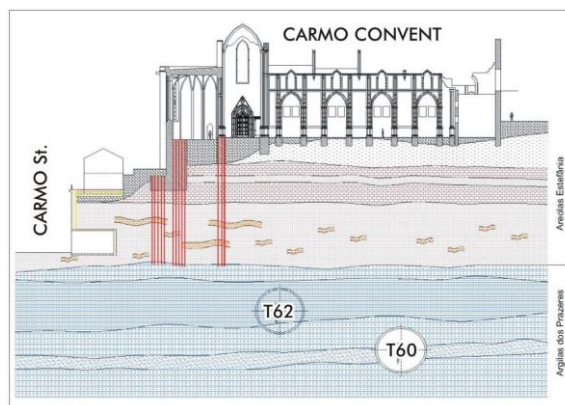
*“Argilas dos Prazeres”, constituída por argilas siltosas rijas, sobreconsolidadas.*

*As areolas são conhecidas pela sua susceptibilidade à descompressão quando desconfinadas em consequência da execução de escavações, tanto à superfície como no subsolo. Os problemas de estabilidade relacionados com as areolas na colina do Carmo são conhecidos desde a construção do próprio Convento no século XIV (Fr. De Stª Ana, 1745), bem como durante a abertura do túnel do Rossio no fim do século XIX.*

A colina do Carmo sofreu danos severos no terramoto de 1755 durante o qual “desabaram os conventos do Carmo e da Trindade” e houve rotura da vertente sobranceira ao vale da Baixa. O talude só foi definitivamente estabilizado em meados do século XIX após um histórico de instabilidades e erosão da vertente responsáveis pela posição atual do Convento do Carmo numa posição à beira do topo de um talude escarpado sobre a Rua do Carmo.

Ao longo do século XX algumas lojas da Rua do Carmo foram-se ampliando clandestinamente através da escavação de galerias sob a colina do Carmo.

“Durante a escavação do túnel 60, cerca de 28 m sob o Convento, haviam sido registados deslocamentos verticais de 9,5 mm, 1 m acima do coroamento do túnel e de 5 mm à superfície, associados com a passagem da tuneladora. Assumindo uma perda de solo de 0,03%, estimou-se que a passagem da tuneladora para a construção do túnel 62, 20 m abaixo da fundação da capela principal da basílica do Convento e mais perto do talude da rua do Carmo, poderia dar origem a deslocamentos verticais à superfície de 15 mm no eixo do túnel bem como a deformações de corte elevadas. Em consequência, foi decidido reforçar as fundações do Convento com microestacas antes da construção do túnel 62” (Fig. 3).



**Figura 3:** Fundações do Convento com microestacas antes da construção do túnel 62

**Fonte:** Coelho, 2006.

As estacas de pequeno diâmetro com 30 a 48 m de comprimento, furadas e injetadas com calda de cimento através das fundações do Convento e das “Areolas da Estefânia” transferiram as cargas para as “Argilas dos Prazeres”, formação mais profunda e resistente.

Foram estudados os efeitos das vibrações provocadas pela abertura dos furos para as microestacas nomeadamente, fenómenos de adensamento nas areolas e consequentemente

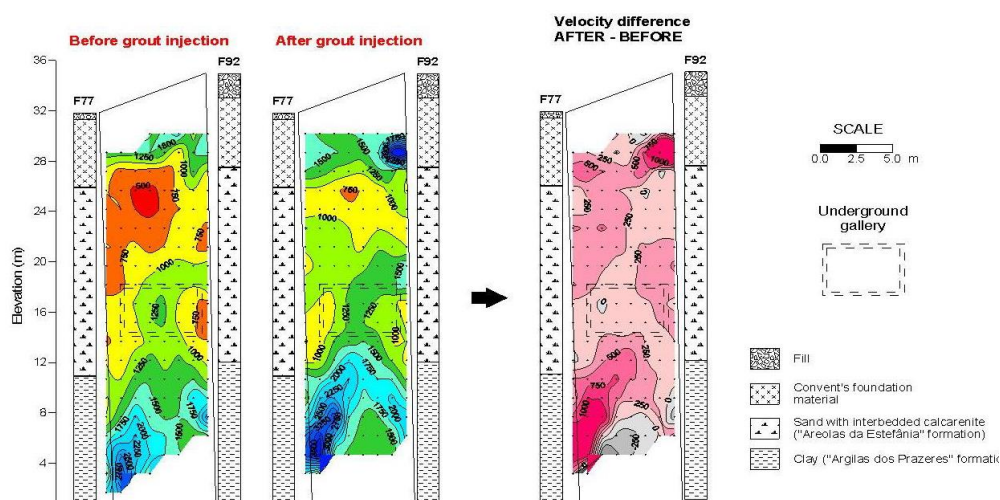


assentamentos adicionais à superfície e a geração de efeitos de atrito negativo nas microestacas causados pelo adensamento das areolas.

Decidiu-se executar um tratamento prévio do terreno com injeções visando estabilizar as areolas da Estefânia e evitar a sua instabilidade.

Face à dificuldade em caracterizar por meio de sondagens e ensaios o estado *in situ* de um volume de solo constituído por areias finas incoerentes com uma complexa história de perturbações, num ambiente tão densamente construído no centro da cidade, optou-se por proceder à caracterização das areolas de uma forma indireta, através da execução de tomografias sísmicas entre furos. Com este método é possível identificar em secções bidimensionais as variações laterais da mesma camada em termos de um parâmetro mecânico como a velocidade de propagação das ondas P. Antes das injeções realizou-se um programa de tomografias sísmicas entre furos em 26 secções, usando os furos abertos para a construção das microestacas.

As tomografias sísmicas permitiram uma visão bidimensional da distribuição das velocidades das ondas P nas Areolas da Estefânia e foi possível ensaiar e avaliar a eficiência do tratamento com as injeções de calda de cimento. A zona da capela principal do Convento situada sobre uma das galerias clandestinas foi escolhida como local de ensaio. Após a execução das injeções os novos perfis tomográficos permitiam constatar um aumento das velocidades das ondas P (de 760 para 1000 m/s) evidenciando um aumento significativo da rigidez do maciço (Fig. 4).



**Figura 4:** Tomografia de velocidades das ondas P antes e após o tratamento do maciço de fundação com injeções

**Fonte:** Coelho, 2008.

### 2.1.1 Noções de Geologia

Geologia vem do grego *Geos* que significa “terra”, mais *logos* que é igual a “estudo”. A Geologia estuda basicamente toda a crosta terrestre, os tipos de solos e rochas, e os processos cinéticos os quais ocorrem no interior do globo terrestre e na sua superfície. É uma ciência relativamente nova, surgida no século XVIII. No Brasil, os primeiros geólogos diplomaram-se em 1959 (Sobreira e Souza, 2015).

Segundo Costa (2004), a Geologia de Engenharia, explica a gênese dos terrenos como por exemplo a sua mecânica/cinética dos solos.

Basicamente são cinco pontos chaves que a Geologia deve analisar:

- Estudo das características do interior e da superfície da Terra, em várias escalas;
- Compreensão dos processos físicos, químicos e físico-químicos que levaram o planeta a ser tal como se observa;
- Definição da maneira adequada (não destrutiva) de utilizar os materiais e fenómenos geológicos como fonte de matéria prima e energia para melhoria da qualidade de vida da sociedade;
- Resolução de problemas ambientais causados anteriormente e estabelecimento de critérios para evitar danos futuros aos meios estruturais e ao ambiente, nas várias atividades humanas;
- Valorização da relação entre o ser humano e a Natureza. (Bernardes 2020, p. 11)

A geologia estuda a origem e a da decomposição das rochas e a vida que sobre esta existiu e que pode ser inferida através do estudo dos fósseis de animais e plantas.

Em Portugal o estudo da geologia teve papel significativo após a ocorrência dos grandes terremotos, nos períodos medievais, em 1321 e 1356 e, em especial, em 1531 e 1755 com o Grande Terremoto seguido de um maremoto (*tsunami*) que interferiu completamente no planeamento e história da cidade pela sua reconstrução e inúmeras destruições com prejuízos e perda de vidas (Gomes, 2006).

### 2.1.2 Noções de Geotecnia

A Geotecnia é um ramo da engenharia de solos, que agrupa as disciplinas científicas que se ocupam da caracterização e comportamento dos terrenos e da mecânica dos solos e das rochas, bem como do mapeamento geotécnico, do risco geológico e da sua caracterização

analítica. Esta inclui as ciências da terra e do meio ambiente: paleogeografia, bioestratigrafia, paleontologia, espeleologia, gemologia, geomorfologia e as ciências de base da engenharia: química, física, mecânica aplicada, resistência dos materiais, topografia e geometria descritiva, que conjugadas com as anteriores permitem agir em projetos para obras especiais, túneis, barragens, edifícios, implantação de aterros de resíduos, recuperação ambiental, entre outros.

- **Paleogeografia:** ramo da geologia histórica que estuda os continentes em diversos períodos geológicos pretéritos, reconstituindo-os hipoteticamente.
- **Bioestratigrafia:** é um ramo da estratigrafia que define a idade da camada geológica pelo tipo ou espécies de fósseis que são encontrados nesta camada.
- **Paleontologia:** estudo de restos e vestígios de animais ou vegetais.
- **Espeleologia:** estudo da formação e constituição de grutas e cavernas naturais; espeleologia, espeluncologia.
- **Gemologia:** especialidade da geologia que estuda as pedras preciosas.
- **Geomorfologia:** estuda as formas da superfície terrestre. (Bernardes, 2020, p. 20)

### 2.1.3. Solo

O solo é um recurso natural precioso e não renovável, presente por todo o planeta. Entre outras funções, é suporte e/ou material de construção na maior parte das obras de engenharia civil. O seu comportamento mecânico e hidráulico é importante para a concepção, o projeto e a construção destas estruturas.

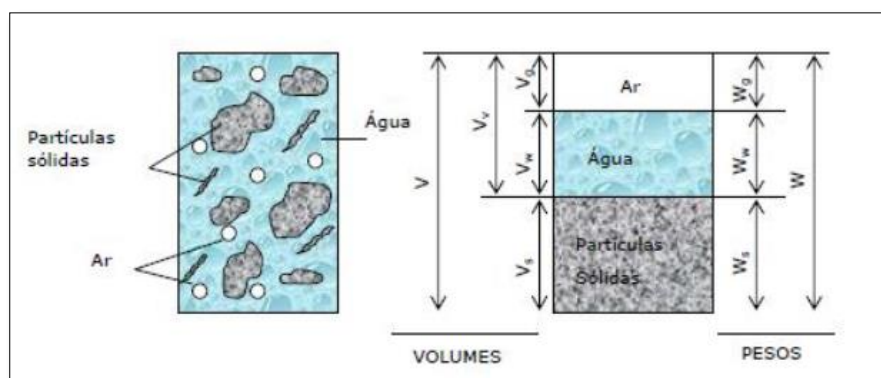
Os solos são misturas variadas e muito complexas, originadas a partir de materiais rochosos pré-existentes através da atuação, na superfície da crosta terrestre, de processos químicos, físicos e biológicos. Em função do litótipo da rocha chamada mãe e do tipo e intensidades dos processos atuantes, formam-se diferentes tipos de solos com características mineralógicas, físicas, químicas e biológicas diversas.

No que diz respeito ao seu modo de formação, os solos são divididos em solos residuais e solos sedimentares conforme é descrito abaixo:

- **Solos residuais:** são os solos que permaneceram no local de meteorização, ou seja, permaneceram no mesmo local de jazida da rocha mãe, pelo que os seus constituintes não sofreram transporte.

- **Solos sedimentares:** são aqueles que foram transportados, ou seja, sedimentos foram removidos do seu local de origem pelos agentes de erosão e de transporte e posteriormente depositados, formando um depósito sedimentar (Pinto, 2006).

Os solos são materiais constituídos por três fases de matéria distinta (sólida, líquida e gasosa). As características físicas e mecânicas de cada um destes componentes interferem no comportamento do solo. Entre os parâmetros físicos do solo importantes e que dependem das características individuais dos vários componentes e da sua organização e distribuição espacial estão a porosidade, a permeabilidade o teor em água e a compactação. Destes parâmetros do solo depende o seu comportamento quando se trata de obras de engenharia ou dos impactos ambientais por elas criados.



**Figura 5:** Fases constituintes do solo

**Fonte:** Pinto, 2006.

Os índices físicos dos solos resultam, basicamente, das relações entre massas e volumes das suas fases sólida, líquida e gasosa, constituídas, respetivamente, por partículas de minerais, fragmentos de rocha ou outra matéria sólida, podendo ou não conter matéria orgânica, por água, que pode preencher em parte ou totalmente os vazios deixados entre as partículas e a fase gasosa constituída, geralmente, por ar e/ou vapor de água (Pinto, 2006).

A **porosidade** ( $n$ ) é a relação entre o volume de vazios ( $V_v$ ) e o volume ( $V$ ) de uma amostra de solo, enquanto o índice de vazios ( $e$ ) é dado pelo quociente entre o volume de vazios e o volume das partículas sólidas ( $V_s$ ).

- Fórmula para Cálculo de Porosidade:

$$n = V_v / V \quad \text{ou} \quad n \% = V_v / V \times 100 \\ (0 < n < 100\%)$$

- Fórmula para Cálculo do Índice de Vazios:

$$e = V_v / V_s$$

O **teor de humidade** (ou ter de água) do solo ( $w$ ) é dado pela relação entre a massa de água ( $M_w$ ) contida em uma amostra de solo e a massa das partículas ou dos sólidos ( $M_s$ ) da mesma amostra.

$$w = M_w / M_s \\ \text{ou} \\ w \% = (M_w / M_s) \times 100$$

Define-se como massa específica das partículas ( $\rho_s$ ) ou dos sólidos a relação entre a massa das partículas ou de sólidos ( $M_s$ ) de um solo e o volume ( $V_s$ ) ocupado por elas.

- Fórmula para cálculo da massa específica das partículas:

$$\rho_s = M_s / V_s$$

A **Massa Específica Aparente** ( $\rho$ ) de um solo é dada pela relação entre a massa de um solo ( $M$ ) e seu respetivo volume ( $V$ ).

- Fórmula para cálculo da massa específica aparente:

$$\rho = M / V$$

Segundo Lima (2015), não acontece em  $\rho_s$ , mas em  $\rho$  os valores dependem do teor de humidade e do índice de vazios do solo. Na prática, utiliza-se a massa específica para a determinação de outros índices que implicam em cálculos de volumes, como porosidade, índice de vazios ( $e$ ) e grau de saturação ( $S_r$ ). Assim, a massa específica pode ser expressa em função do índice de vazio e do grau de saturação.

- Fórmula para cálculo da massa específica:

$$\rho = [(G + S_r e) / (1 + e)] \rho_w$$

A contribuição da Geotecnia para a construção civil reside no estudo das condições do terreno que permite identificar os diferentes estratos e estruturas geológicas (dobras, falhas, diáclases), na zona interessada pela obra, e determinar os seus parâmetros físicos, mecânicos e a posição do nível da água. O zonamento geotécnico, com base em dados de ensaios, permite a elaboração de cartas geotécnicas que auxiliam no planeamento urbano e na avaliação de risco geológico relacionado com as características do terreno ou com as fundações e as infraestruturas das construções existentes na envolvente. A Geotecnia tem a missão de intervir nos índices físicos dos solos, em suas áreas de risco geológico em curto prazo, prevenindo assim, que a população sofra com eventos de origem geológica (Pinto, 2006).

#### **2.1.4 Prospeção e ensaios**

Para iniciar um projeto de construção é necessário realizar uma investigação geotécnica do terreno no qual a edificação será construída. Os resultados do estudo geotécnico podem interferir na viabilidade da construção.

Existem vários métodos de prospeção de solo, sendo os mais comuns, os métodos de prospeção geofísica (elétrica, sísmica, magnética ou gravimétrica) e a prospeção mecânica (com furação à rotação ou a trado). Faz parte, também, do estudo geotécnico a realização de ensaios de campo e de laboratório, a interpretação dos resultados e a conclusão.

A prospeção geofísica insere-se nos métodos de prospeção indireta. Não há observação direta do subsolo. A informação que permite traçar o perfil do solo é obtida através da medição de parâmetros que variam com a composição ou características dos materiais. Cada método tem a sua gama e condições de aplicação específicas e por essa razão o método a utilizar deve ser o adequado para a situação em estudo.

Há métodos que são utilizados nas fases preliminares dos estudos para permitirem obter dados que auxiliam na definição da posição e da profundidade da prospeção mecânica. Outros métodos são adequados para a avaliação complementar em pontos específicos (Pinto, 2006).

##### **2.1.4.1 Standard Penetration Test (SPT)**

Entre os ensaios de campo mais comuns está o *Standard Penetration Test* (SPT), que é um ensaio de penetração dinâmica com recurso a um amostrador normalizado que penetra

no solo sob a ação de um pilão com massa normalizada (63,5 kg) que cai de uma altura normalizada (75 cm). O número de pancadas para o amostrador penetrar 15 cm (1ª fase, apenas indicativa) seguidos de 30 cm (2ª fase) é o resultado do ensaio ( $N_{SPT}$ ). Este ensaio tem a vantagem de permitir a recolha de uma amostra deformada que serve para identificar os estratos atravessados e o número de pancadas para penetrar trinta centímetros ( $N_{SPT}$ ). Permite obter informação sobre as características do terreno e inferir a capacidade de carga, utilizando formulário adequado (Mesquita, 2013).



**Figura 6:** Ensaios de campo

**Fonte:** Mesquita, 2013.

#### **2.1.4.2 Cone Penetration Test (CPT) ou CPTU**

O *Cone Penetration Test* é outro ensaio de campo muito comum. É constituído por um conjunto de mangas roscadas que terminam numa ponteira cónica. Esta ponteira penetra no solo através de meios estáticos (por sistemas hidráulicos ou mecânicos). Não permite recolha de amostra e o resultado é um gráfico com a tensão necessária para penetração do cone em função da profundidade. O cone pode avançar independente da manga para determinar a resistência de ponta ( $R_p$  ou  $q_c$ ), a penetração em conjunto permite obter a resistência total ( $R_t$ ) e com esta informação determina-se a resistência lateral, friccional ( $R_f$  ou  $f_s$ ). O CPTU permite obter a pressão intersticial ( $u$ ). Trata-se de um ensaio importante, em especial, para dimensionamento de fundações por estacas.



**Figura 7:** *Cone Penetration Test (CPT)*

**Fonte:** Mesquita, 2013.

#### ***2.1.4.3 Ensaios de permeabilidade em campo***

##### **A - Ensaio de permeabilidade Lefranc**

Pela sua importância, em situações em que haja entrada de água para a zona da construção ou para situações em que é necessário avaliar a permeabilidade às caldas de injeção, destaca-se o *ensaio de permeabilidade Lefranc* que consiste em criar uma variação de carga hidráulica, por injeção ou bombagem, numa cavidade de dimensão e forma conhecidas e previamente aberta no fundo do furo. Neste ensaio calcula-se o caudal (Q) conhecendo a carga hidráulica (h) que é a diferença entre o nível de água em repouso no terreno e o descarregador da cabeça do tubo, a forma e dimensões da cavidade (diâmetro e comprimento) (Mesquita, 2013).

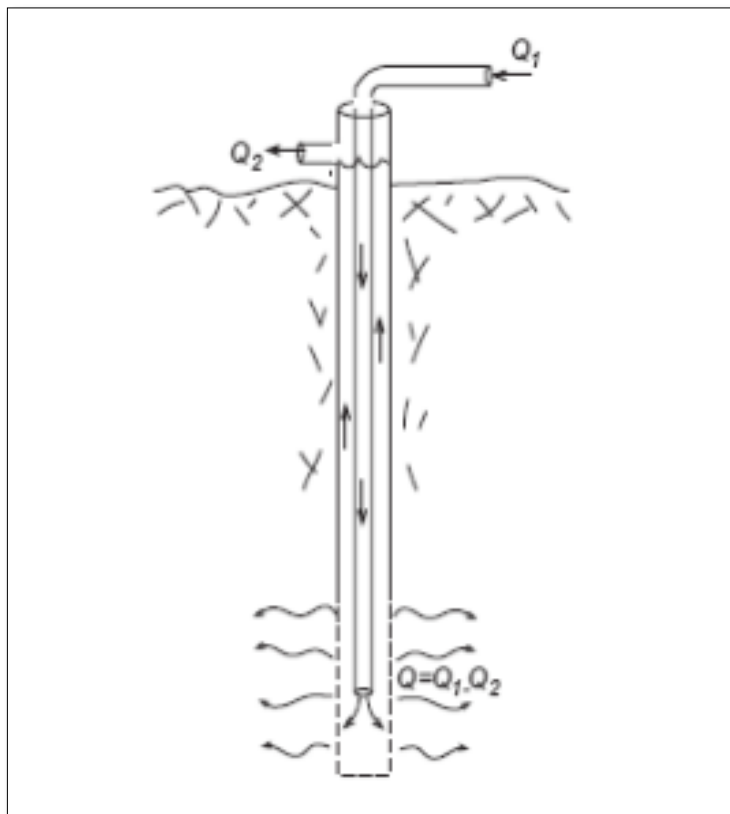
- Fórmula para o cálculo do caudal:

$$Q = m k h d, \text{ sendo } m \text{ um coeficiente de forma}$$

- O coeficiente de permeabilidade (k) obtém-se através da expressão:

$$k = Q/(m h d)$$





**Figura 8:** Ensaio de permeabilidade Lefranc

Fonte: Mesquita, 2013.

### **B- Ensaio de permeabilidade Lugeon**

O *ensaio de permeabilidade Lugeon* destina-se, essencialmente, a avaliar a possibilidade de circulação de água em rocha. Consiste em injetar água sob pressão num troço do furo, isolado com o recurso a obturadores. Os troços ensaiados são classificados pelo número de unidades Lugeon obtidas. (1Lugeon é a absorção de 1 litro por minuto e por metro de troço de furo, sob a pressão de  $10 \text{ daN/cm}^2$  mantida durante 10 minutos). O ensaio realiza-se com diferentes patamares de pressão intermédia, cada um com a duração de 10 minutos. A redução da pressão também se deve fazer pelos mesmos patamares.

Regista-se os volumes de água injetados em cada patamar e traça-se o gráfico da relação caudal (absorção) e pressão.

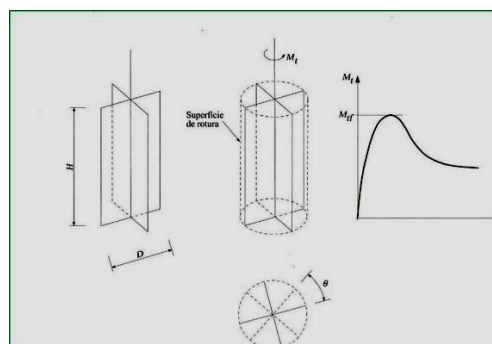


**Figura 9:** Ensaio de permeabilidade Lugeon

**Fonte:** Mesquita, 2013.

#### 2.1.4.4 Ensaio de corte rotativo ou molinete

O *ensaio de corte rotativo* ou *molinete* consiste em introduzir um molinete no terreno, isto é, um conjunto de quatro lâminas retangulares soldadas a uma vara central. A vara central é ligada à superfície do terreno por varas de posicionamento. Instalado o aparelho à profundidade desejada comunica-se, através das varas, um momento torsor que o obriga a rodar. Esse movimento de rotação forma um cilindro de solo que se destaca do terreno envolvente. Utiliza-se em solos coesivos moles de baixa permeabilidade pelo que o corte (ou cisalhamento) decorre em condições não drenadas ( $c_u$ ) (Mesquita, 2013).



**Figura 10:** Equipamento para ensaio de corte rotativo-molinete

**Fonte:** Mesquita, 2013.

Por fim, muitos outros ensaios de campo podiam aqui ser apresentados, mas optou-se por referir apenas os mais aplicáveis ao estudo de caso apresentado neste trabalho.

#### ***2.1.4.5. Ensaios de laboratório para identificação e classificação***

Os ensaios para identificação e classificação de solos são necessários para se conhecer o tipo e a distribuição granulométrica das partículas porque são estas que condicionam a arrumação e os parâmetros do solo. Diante da complexidade de se listarem todas as diferenças e comportamentos de diversos tipos de solos e todas as suas variações, que se forem mal avaliadas podem conduzir a uma sobrevalorização ou desvalorização dos índices de comportamento deste solo e a sua utilização no projeto, apresenta-se o excerto de um texto extraído de Pinto, 2006.

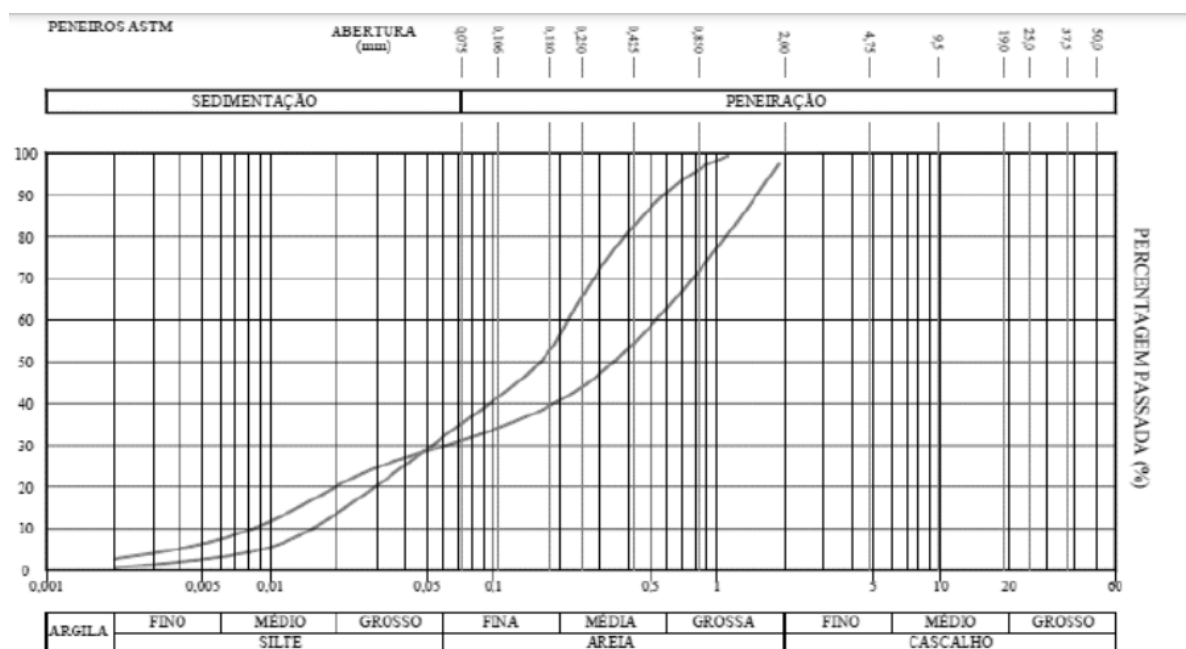
Os ensaios devem utilizar um sistema de classificação, uma vez que as características dos solos são determinadas por sua composição e tamanhos de partículas, que podem identificar que alguns solos, possuem partículas perceptíveis a olho nu, de 1 a 2 mm, ou somente via microscópio chegando a existir partículas de argila, na ordem de 10 Angstroms (0,000001 mm), que são extremamente finas e em contacto com a água tornam-se barro denso e comprimido, em estado moldável ou quase líquido.

Tais informações são necessárias aos ensaios de campo e laboratório para os cálculos de uma fundação, pois as práticas e demonstrações de cada classificação e tipo de solo, bem como a sua complexidade, fornecem aos profissionais, elementos concretos do que vão projetar, assim relata Pinto (2006), sobre o grau de dificuldade na identificação dos solos.

Nem sempre é fácil identificar as partículas, porque grãos de areia, por exemplo, podem estar envoltos por uma grande quantidade de partículas argilosas, finíssimas, com o mesmo aspecto de uma aglomeração formada exclusivamente por essas partículas argilosas. Quando secas, as duas formações são dificilmente diferenciáveis. Quando úmidas, entretanto, a aglomeração de partículas argilosas se transforma em uma pasta fina, enquanto que a partícula arenosa revestida é facilmente reconhecida pelo tato. Portanto, numa tentativa de identificação tátil-visual dos grãos de um solo, é fundamental que ele se encontre bastante úmido (Pinto, 2006).

A análise granulométrica é representada por uma curva granulométrica traçada em um diagrama semilogarítmico. Os logaritmos das dimensões das partículas são distribuídos no eixo das abscissas. No eixo das ordenadas são distribuídas as percentagens em peso do material que tem dimensão média menor que a dimensão considerada.

Este diagrama permite a representação da fração fina do solo. A Figura 11 apresenta alguns exemplos de curvas granulométricas. De acordo com a configuração da curva é possível identificar os diferentes tipos de granulometria (Caputo, 1988).



**Figura 11:** Diagrama Semilogarítmico

**Fonte:** Caputo, 1988.

A análise granulométrica do solo, como se viu no texto anterior, não é suficiente para classificar o solo. É necessário estudar o seu comportamento face à água. O ensaio para a determinação dos limites de consistência permite avaliar nomeadamente:

- Limite de liquidez (LL),
- Limite de plasticidade (LP)
- Limite de retração (LR).

Estes limites são teores em água que correspondem às mudanças de comportamento, do estado seco para friável (LR), do friável para o moldável (LP) e do moldável para o fluído (LL), sempre com teores de água crescentes. O índice de plasticidade (IP) é a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade. Este valor e a os resultados da análise granulométrica permitem atribuir uma classificação ao solo.

Por vezes a natureza do terreno ou a importância e tipo de obra requerem a determinação de parâmetros resistentes como o ângulo de atrito e a coesão que se pode obter através de ensaios de compressão triaxial ou de corte (cisalhamento) direto.

#### 2.1.4.6. Ensaio de laboratório para caracterização mecânica

Para obter os parâmetros de resistência ao corte, coesão e ângulo de atrito, pode-se recorrer ao ensaio de compressão triaxial ou ao ensaio de corte direto.

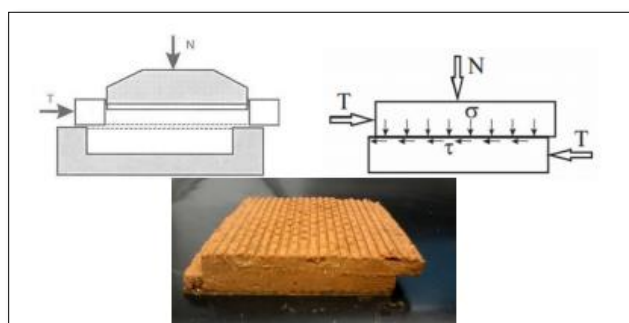
O ensaio de compressão triaxial consiste na aplicação de um campo de tensões a um provete cilíndrico envolvido numa membrana impermeável e colocado numa câmara de ensaio. A água no interior da câmara aplica tensões de confinamento. Os provetes podem passar por uma fase inicial de consolidação e depois para a fase de corte por compressão axial. Esta fase pode ocorrer em condições drenadas ou não drenadas.



**Figura 12:** Ensaio de compressão triaxial

**Fonte:** Caputo, 1988.

O corte (cisalhamento) direto é outro procedimento. Um provete prismático de pequena espessura é colocado entre duas placas porosas numa câmara seccionada ao meio. Coloca-se a câmara numa caixa e aplica-se uma tensão Normal ( $N$ ), no plano superior do provete onde se coloca, também, um sistema para medição de deformações. No plano horizontal liga-se, à caixa, um anel dinamométrico e um sistema para medir deformações. Coloca-se a máquina em movimento impondo à caixa e à parte inferior da câmara onde está o provete um movimento de translação que leva o provete à rotura por deslizamento ao longo do contacto das duas metades da câmara.



**Figura 13:** Cisalhamento direto

**Fonte:** Caputo, 1988.

## 2.2. Reforço ou melhoramento do solo

Com o aumento do conhecimento dos solos e das suas propriedades mecânicas, para os quais contribuíram fortemente para o seu desenvolvimento os ensaios laboratoriais e os ensaios *in situ*, o tratamento dos solos tem alcançado avanços significativos. Há técnicas que possibilitam a execução de estruturas em condições geológicas e geotécnicas muito adversas.

Entre os pioneiros das técnicas recentes de melhoramento ou reforço dos solos, pode citar-se Louis Ménard. Para além da invenção do pressiómetro em 1960, que permitiu a partir de então, uma melhor e mais rápida caracterização do comportamento mecânico dos solos, foi responsável por inúmeros avanços tecnológicos nesta área tais como:

- A compactação dinâmica de solos arenosos no ano de 1965 e o seu posterior desenvolvimento entre 1969 e 1973, sendo esta técnica empregue em diversas obras relevantes, como por exemplo, a construção do aeroporto de Nice em 1976, sendo realizada a compactação do maciço a 27 metros de profundidade;
- Execução de estacas de brita em solos argilosos em 1969;
- Instalação pioneiros de drenos verticais a 40 metros de profundidade no aeroporto de Singapura em 1977.

## 2.3. Aplicações

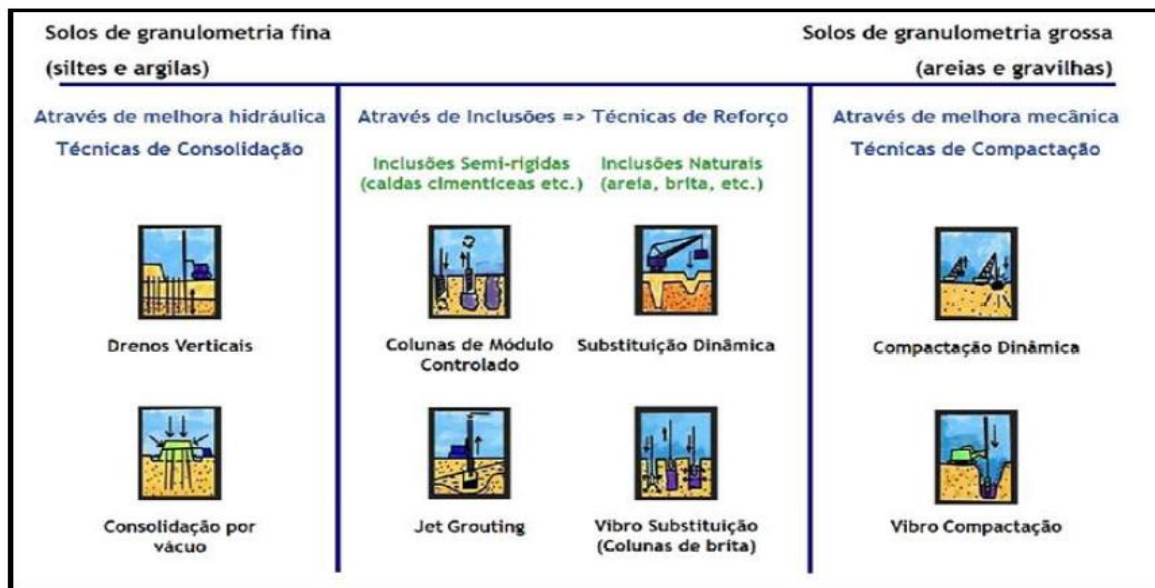
Por conta das diversas técnicas existentes, é conveniente o foco naquelas que tiveram um desenvolvimento ou inovações mais recentes. Assim, como se pretende ilustrar na Figura

14, inicialmente as técnicas de melhoramento podem se divididas basicamente em dois grupos de acordo com a finalidade a que se destinam: consolidar ou compactar o solo.

Quando a necessidade é de consolidação de solos de granulometria fina (coluna da esquerda da Figura 14), as técnicas a aplicar serão, primordialmente, os drenos verticais, normalmente associados a pré-carga, ou a consolidação por vácuo, variante da primeira.

Quando o que se intenciona é a compactação de solos de granulometria grossa (coluna direita da mesma Figura 14), as técnicas a promover devem ser a compactação dinâmica ou a vibro compactação, bem como algumas variantes complementares das mesmas.

Na coluna central da Figura 14 incluem-se as técnicas de reforço, em princípio aplicáveis a qualquer tipo de solo. Já o *jet-grouting*, a substituição dinâmica, as colunas de brita ou as colunas de módulo controlado, são técnicas que através da adição de materiais e/ou mistura de ligantes com os solos tem a função de melhorar as suas propriedades mecânicas ou criam zonas de maior rigidez.



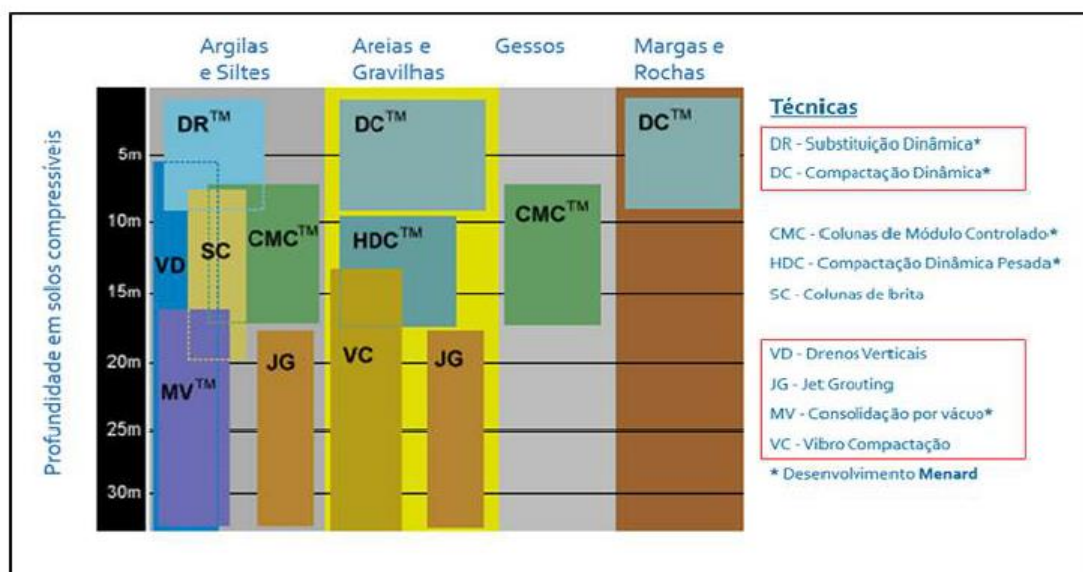
**Figura 14:** Técnicas de reforço

Fonte: Ménard, 1962.

A Figura 15 mostra de forma clara o posicionamento das técnicas de melhoramento ou reforço de solos de acordo com tipo de solos, além da sua aplicabilidade e o seu alcance. A legenda da Figura 15 engloba as duas técnicas de aplicação superficial na primeira caixa,



as três técnicas indicadas para profundidades intermédias ao centro e as quatro técnicas a adaptar a maiores profundidades na caixa inferior.



**Figura 15:** Posicionamento das técnicas de melhoramento ou reforço de solos

**Fonte:** Ménard, 1962.

A informação que consta nas Figuras 14 e 15 permite uma primeira abordagem, para a seleção da técnica a adotar e informação da adequabilidade da mesma.

## 2.4. Técnicas de Consolidação

As técnicas de consolidação têm por objetivo gerar a expulsão da água presente nos poros dos solos de baixa permeabilidade e granulometria fina e consequente redução do índice de vazios.

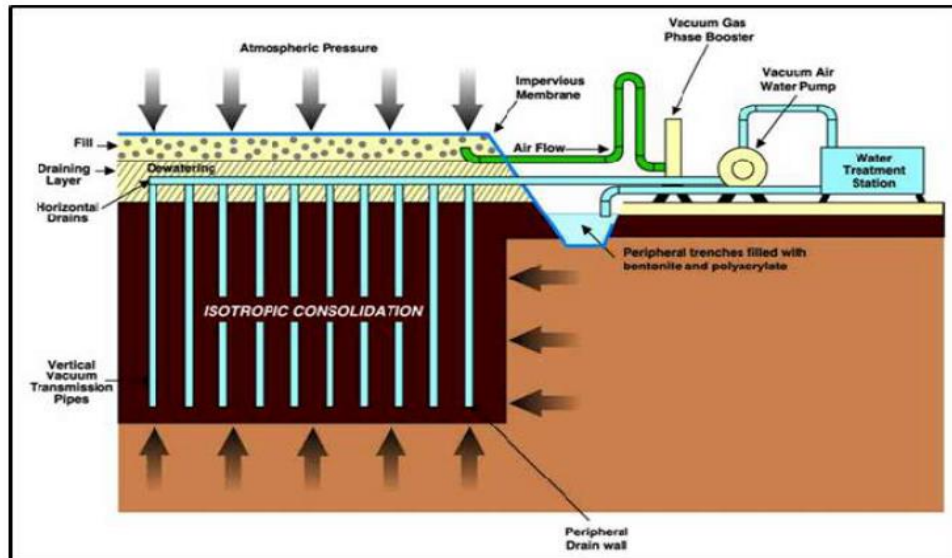
Atualmente a técnica mais utilizada é a instalação de drenos de “fita” verticais, os quais, combinados com uma sobrecarga, geram uma maior rapidez de consolidação, contrastando com a anterior aplicação única de sobrecarga.

Uma das variantes desta técnica consiste, basicamente, na instalação de drenos verticais e horizontais ligados entre si, sob uma membrana impermeável e selada por valas periféricas cheias com água mantida a nível constante de forma a garantir a saturação dos solos evitando o rebaixamento do nível freático na zona do tratamento.

Na Figura 16 observa-se um sistema complementado por bombas de ar e de água colocadas no exterior da instalação, as quais geram sub-pressões que podem atingir 60 a 80



kPa. Este processo simula o efeito da sobrecarga gerando uma consolidação isotrópica acelerada, descartando a necessidade da materialização física da sobrecarga, limitando os assentamentos residuais no longo prazo e resultando por isso mais económico



**Figura 16:** Técnica de Consolidação

Fonte: Menárd, 1962.

## 2.5. Técnicas de Compactação

### 2.5.1. Compactação dinâmica

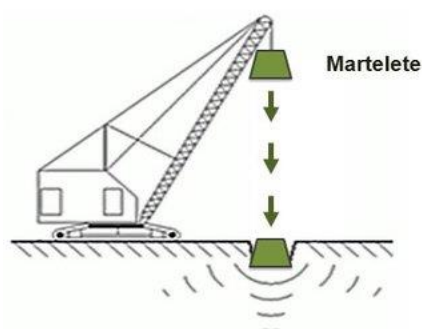
A técnica de compactação dinâmica tem como objetivo a redução dos assentamentos totais e diferenciais além da melhoria das propriedades mecânicas de solos, prioritariamente as granulares, densificando o solo em profundidade.

Consiste basicamente em soltar em queda livre e repetidas vezes um bloco de uma certa altura até à superfície do solo que se pretende melhorar, conforme Figura 17, sendo sua execução orientada segundo uma grelha de impactos na área de solo que se pretende melhorar.

A massa do bloco varia entre 5 e 40 toneladas, e a altura de queda de cada bloco varia entre os 10 metros e os 40 metros, gerando uma profundidade de melhoramento do solo muitas vezes superior a 10 m, tendo casos em que se pode alcançar os 30 metros.

A energia é aplicada, por fases, numa grelha de impactos usando simples ou múltiplas passagens sobre a área a densificar. Depois de cada impacto as crateras são niveladas com

máquina de movimentos de terras (ex.: retroescavadora), ou preenchidas com aterros de material granular antes que a próxima passagem seja realizada.



**Figura 17:** Compactação dinâmica

**Fonte:** Menárd, 1962.

### 2.5.2. Vibro compactação

No processo de vibro compactação de solos, a penetração do vibrador e em certos casos a compactação, são facilitadas por um fluído de injeção, geralmente água sob pressão. A vibro compactação de solos é feita por patamares, fazendo subir o vibrador de acordo com critérios determinados em ensaios prévios realizados em obra. No processo de vibro compactação de solos, a capacidade de carga do terreno após o tratamento vai depender da granulometria do solo e da escolha do tipo de vibrador, cujas fases são descritas abaixo:

- **Primeira fase** - penetração: o vibrador, cuja potência e outras características como já dito, são variáveis em função do solo, penetra neste até uma profundidade final previamente definida. A descida dá-se por um efeito conjugado do peso próprio, da vibração e da água de injeção.
- **Segunda fase:** após a penetração do vibrador ocorre a compactação: a vibro compactação de solos é então realizada por estágios sucessivos desde a profundidade definida até à superfície. O volume compactado é um cilindro cujo diâmetro pode atingir até 5 metros. O aumento progressivo da intensidade elétrica consumida pelo vibrador permite avaliar o aumento da compacidade do solo.
- **Terceira fase:** ocorre a adição de material, à volta do vibrador forma-se uma depressão cônica que se vai preenchendo quer com solo selecionado, quer com

solo local. Dependendo da compactidade inicial, pode-se atingir um volume de material de adição de cerca de 10% do volume de solo a tratar.

- **Quarta fase:** por fim, ocorre o acabamento, após a realização do tratamento, a plataforma é regularizada e recompactada através de um vibrador de superfície.



**Figura 18:** Vibro compactação

**Fonte:** Sociedade Portuguesa de fundações especiais, 2020.

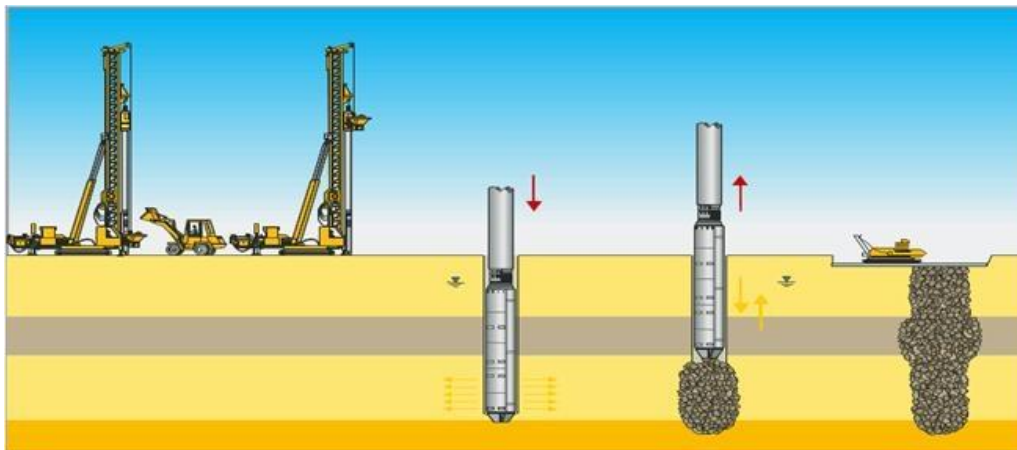
## 2.6. Técnicas de Reforço

As técnicas de reforço são aquelas que introduzem determinados elementos resistentes tornando possível que o maciço suporte determinadas solicitações às quais por si só não está habilitado a resistir. São complementares das técnicas de melhoramento, surgindo na maioria das vezes por otimização ou variações das mesmas, normalmente fazendo uso da mistura de ligantes com os solos e/ou da inserção de materiais em determinadas zonas pontuais destes (Pinto, 2006).

### 2.6.1. Coluna de britas

Um aumento considerável na capacidade de carga pode ser alcançado nos solos pelo processo de colunas de britas, executadas basicamente através de furos circulares com determinados diâmetros e comprimentos, a partir da superfície, e na consequente inclusão da brita e sua compactação de baixo para cima.

O modo como uma coluna de brita é executada muda com a tecnologia empregue, nomeadamente no que se refere à execução do furo e à compactação do material de enchimento, conforme se observa na Figura 19.

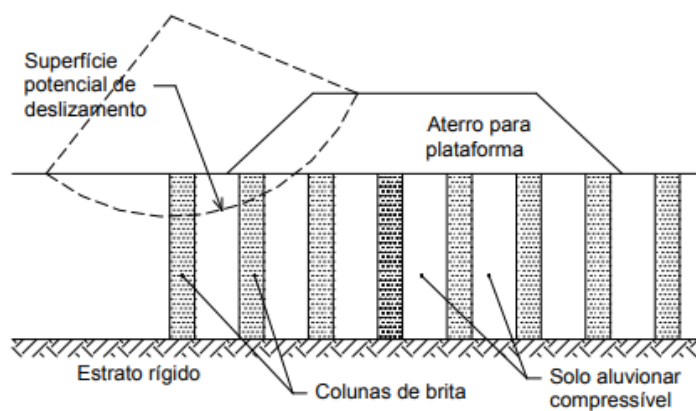


**Figura 19:** Coluna de britas

**Fonte:** Sociedade Portuguesa de fundações especiais, 2020.

Geralmente não há retirada do material original, pelo que à introdução de um material com melhores características de resistência e deformabilidade, com o consequente melhoramento das características geomecânicas “médias”, é associado o efeito da compactação do solo natural em torno da coluna de brita pelo facto de a mesma quantidade de solo ter que ocupar um menor volume (Pinto, 2006).

O solo circundante confina lateralmente com a brita, o que permite à coluna desenvolver uma capacidade portante superior à do solo que a envolve (Figura 20). A brita e o solo, de certa forma, acabam por partilhar uma parte apreciável da carga aplicada. Por conta da capacidade para se adaptar às cargas aplicadas, é gerada uma redistribuição de esforços nas zonas sujeitas a grandes concentrações de tensões. O resultado imediato é uma melhor resposta do conjunto (solo+brita) no que se refere ao aumento de resistência (capacidade de carga) e redução de deformações (assentamentos).



**Figura 20:** Conjunto (solo+brita)

**Fonte:** Pinto, 2006.

## CAPÍTULO 3 - FUNDAÇÕES

### 3.1. Fundações

Denomina-se por fundações uma série de elementos estruturais de transição entre a estrutura de uma determinada construção e o terreno no qual esta se apoia, com a finalidade de transferir com segurança as cargas provenientes da construção.

De acordo com Coelho (1996) as fundações são normalmente divididas em três tipos:

- Fundações superficiais ou diretas ( $D/B < 4$ );
- Fundações semiprofundas ou semi-diretas ( $4 \leq D/B < 10$ );
- Fundações profundas ou indiretas ( $D/B \geq 10$ )

Sendo D e B a profundidade da base de fundação e largura/diâmetro nesta ordem.

### 3.2. Fundações superficiais ou diretas

Fundações diretas são elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente, pelas pressões distribuídas sob a base da fundação.

Localizam-se a uma profundidade, em relação ao terreno adjacente, inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. As fundações diretas podem ser rígidas ou flexíveis. São exemplos de fundações superficiais os elementos que a seguir se refere.

As fundações diretas transferem as cargas predominantemente pela base, sendo assim é comum o uso de bases alargadas para aumentar a eficiência desses elementos.

As fundações diretas podem ser rígidas ou flexíveis. São exemplos de fundações superficiais os elementos que a seguir se referem.

#### 3.2.1. Sapatas

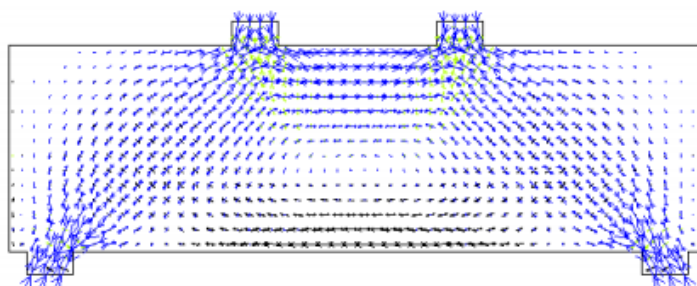
A sapata é uma fundação superficial, sendo um elemento em betão armado, dimensionada de maneira que as tensões aplicadas sejam divididas em compressão, que será resistida pelo betão e tração que será resistida pelas armaduras.

O dimensionamento, normalmente, é feito através da técnica de escora e tirantes, semelhante ao que ocorre nas armaduras transversais em vigas de betão armado (Pouca, 2016).

Em uma estrutura de betão armado, a maior parte são elementos contínuos, estes são dimensionados com uma elevada precisão. Contudo a minoria dos elementos da estrutura que apresentam descontinuidade precisam garantir os mesmos critérios de segurança. É para essa minoria dos elementos de betão armado de uma estrutura que o Modelo Escoras e Tirantes é mais relevante. De acordo com o Eurocódigo 2:2010:

Os modelos de escoras e tirantes poderão ser utilizados para as verificações em relação ao estado limite último das regiões de continuidade (...) para as verificações em relação ao estado limite último e para a definição das disposições construtivas das regiões de descontinuidade. Em geral, estas estendem-se até uma distância  $h$  (altura da seção do elemento) da descontinuidade.

Para a definição do modelo, é ilustrado o processo de caminho de carga. Primeiramente deve ser assegurado que o equilíbrio externo da região seja atendido pela determinação de todas as reações de apoio. A Figura 21 é um exemplo de uma viga parede de betão armado, será proposto um modelo de cálculo com base nas características geométricas, carregamento e condições de apoio do elemento.



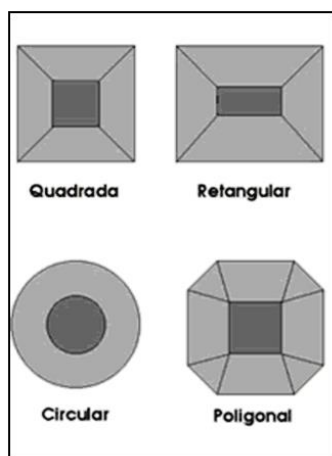
**Figura 21:** Trajetória das Tensões Principais da Viga-Parede

*Fonte:* Costa, 2016.

O caminho das cargas no interior da estrutura ocorre por meio de campos de tensões de compressão e tração representados por escoras e tirantes respetivamente, então as linhas desenhadas anteriormente serão substituídas da seguinte forma: as escoras por linhas interrompidas e os tirantes por linhas, originando o Modelo de Escoras e Tirantes. Para isso

é necessário saber distinguir quais das linhas representam campos de tensão de compressão e quais representam campos de tensão de tração (Costa, 2016).

A sapata pode ter espessura constante ou variável e a sua base em planta é normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal conforme se observa na Figura 22.



**Figura 22:** Tipos de formas de sapatas

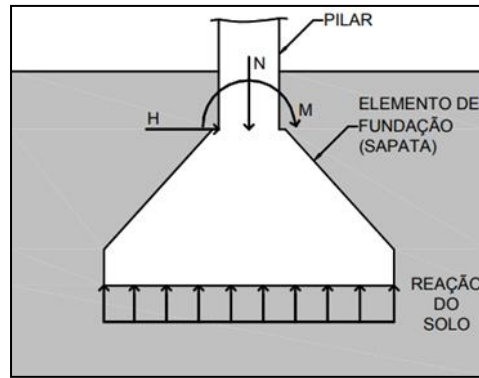
**Fonte:** Coelho, 1996.

Contudo, a forma mais económica e prática de executar este tipo de fundação é a retangular ou chamada piramidal, em virtude da quantidade de betão utilizado. Quando se utiliza formatos arredondados ou escalonados, é necessário mais tempo de trabalho com formas (Caputo, 1988).

Na sua base ocorre a tensão máxima que supera a resistência do betão à tração. Por esta razão, torna-se necessário dispor de armadura, em malha de aço, para resistir a esses esforços. É recomendado e comum, ter-se sapatas com a altura ligeiramente sobredimensionada para evitar a armadura transversal, chamada vertical, que tem a função de resistir aos esforços cortantes que atuam na sapata porque os estribos teriam alturas variáveis.

Sendo assim, as ações que normalmente ocorrem nas sapatas são a força normal ( $N$ ), os momentos fletores, em uma ou em duas direções ( $M_x$  e  $M_y$ ), e a força horizontal ( $H$ ) conforme se observa na Figura 23.





**Figura 23:** Força normal aplicada as sapatas

**Fonte:** Caputo, 1988.

Carvalho e Pinheiro (2009) destacam que a vantagem das sapatas em relação aos outros tipos de fundações são a sua rápida execução e a não necessidade de equipamentos muito específicos, fazendo desse tipo de fundação um dos mais usados na construção civil, não só em Portugal como em outros países.

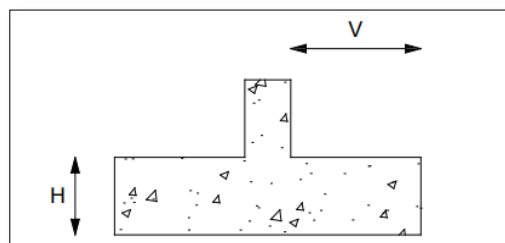
### 3.2.1.1. Tipos de Sapatas

A grande diversidade existente, tanto na configuração quanto na forma dos elementos estruturais que nela se apoiam, deu origem aos diversos tipos como: sapata isolada, sapata corrida, sapata associada, sapata de divisa, sapata com viga de equilíbrio, etc.

As sapatas podem ainda ser classificadas em rígidas ou flexíveis, sendo a distinção feita através das seguintes relações:

- Sapatas rígidas:  $V \leq 2H$
- Sapatas flexíveis:  $V > 2H$

Sendo V e H as dimensões representadas na Figura 24.



**Figura 24:** Sapata isolada

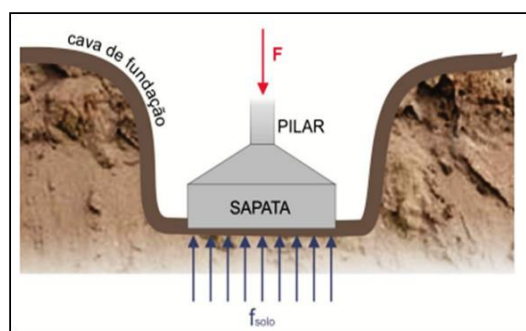
**Fonte:** Cachim, 2003.

Esta classificação evidencia a forma como as cargas são descarregadas para o terreno a partir da sapata. Para sapatas rígidas, as tensões transmitidas ao solo são praticamente uniformes, tendo o seu modelo como base o método das bielas que melhor traduz o seu comportamento. Neste método o funcionamento interno das sapatas é realizado pelo equilíbrio das cargas aplicadas entre as escoras de betão e os tirantes que são representados pelas armaduras. Nas sapatas flexíveis a tensão transmitida ao terreno depende da relação de rigidez gerada entre a sapata e o solo. “Sapatas corridas são sapatas cujo comprimento é visivelmente maior que a largura (admite-se  $B_y > 10B_x$ ). São normalmente utilizadas quando se necessita fundar uma série de pilares, paredes ou muros” (Cachim, 2003).

### 3.2.1.2. Sapatas isoladas

As sapatas isoladas são aquelas que não são associadas com nenhuma outra, sendo dimensionadas levando em conta os esforços advindos apenas de um pilar. Estas são usadas em solos firmes e cuja carga a ser distribuída é relativamente pequena.

O pilar é acomodado no centro da sapata dando origem a momentos fletores normalmente semelhantes nas duas abas, em relação à mesa da sapata. Com isto, os balanços tendem a ser iguais nas duas direções (Hachich, 1998).



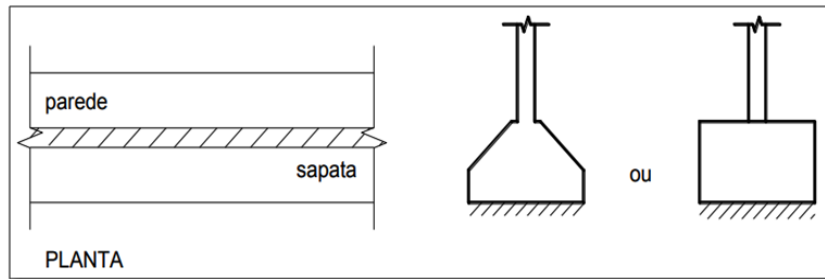
**Figura 25:** Pilar aplicado nas sapatas

**Fonte:** Hachich, 1998.

### 3.2.1.3. Sapata corrida

A sapata corrida é sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou a um conjunto de pilares ao longo de um mesmo alinhamento. As sapatas corridas são comuns em construções de pequeno porte, tais como casas e edificações de baixa altura, galpões, muros de cerca e ou de suporte, em paredes de reservatórios e piscinas, etc. Esse tipo de sapata é

uma solução economicamente viável quando o solo apresenta a necessária capacidade de suporte a pequena profundidade (Hachich, 1998).

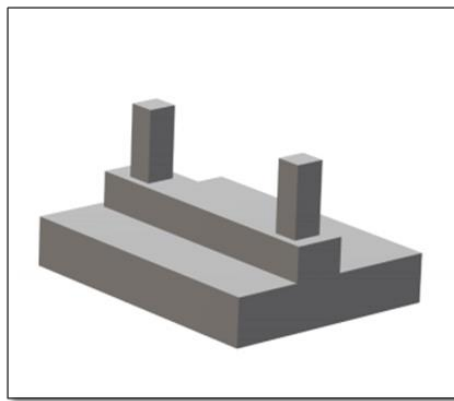


**Figura 26:** Sapata corrida

**Fonte:** Hachich, 1998.

#### **3.2.1.4. Sapatas associada**

As sapatas associadas transmitem as ações de dois ou mais pilares adjacentes. São utilizadas quando não se pode utilizar sapatas isoladas para cada pilar, por estarem muito próximas entre si, o que provocaria a sobreposição das suas bases (em planta) e consequentemente dos bolbos de pressões. Nessas ocasiões convém utilizar uma única sapata para receber as ações de dois ou mais pilares.

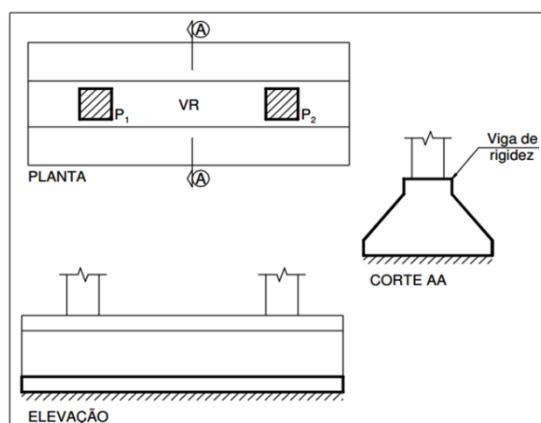


**Figura 27:** Sapata associada

**Fonte:** Hachich, 1998

O centro de gravidade da sapata, geralmente, coincide com o centro de aplicação das cargas dos pilares. Para condições de carregamento uniformes e simétricas, as sapatas associadas resultam em uma sapata corrida simples, de base retangular.

Entretanto, quando as cargas dos pilares apresentam diferenças relevantes, a imposição de coincidir o centroide da sapata com o centro das cargas dos pilares conduz a uma sapata de base trapezoidal (em planta) ou a sapatas retangulares com balanços livres diferentes (em planta). Usualmente, as sapatas associadas são projetadas com viga de rigidez (enrijecimento), cujo eixo passa pelos centros de cada pilar.

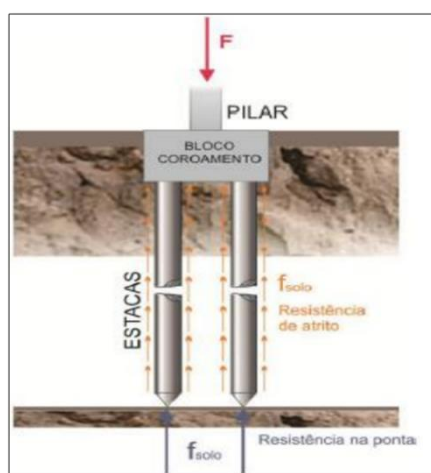


**Figura 28:** Perfil - Sapata Associada

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

### 3.2.1.5. Bloco de Fundação

Os blocos de fundação ou também chamados blocos de coroamento, Figura 29, são fundações usadas para transmitir às estacas e aos tubulões as cargas da estrutura.



**Figura 29:** Bloco de coroamento

**Fonte:** Hachich, 1998.

Os blocos sobre estacas podem ser para 1, 2, 3... e teoricamente para  $n$  estacas, dependendo da capacidade de cada estaca e das características do solo. Blocos sobre uma ou duas estacas são mais comuns em construções ditas de pequeno porte, como residências térreas e de dois pavimentos (sobrado), galpões, etc., onde a carga vertical proveniente do pilar é normalmente de baixo valor. Porém, em edifícios de vários pisos, devido as altas cargas, a quantidade de estacas é normalmente superior a duas.

Por fim, uma das principais características deste tipo de fundação é a de possuir uma elevada rigidez, através de betão simples, ciclópico ou até mesmo em alvenaria de pedra, que é um material muito abundante e muito utilizado em Portugal e que resiste bem à compressão simples. Alguns tipos de blocos podem dispensar a armadura de aço, sendo assim, a sua execução, torna-se mais económica, em relação à mão de obra e materiais (Hachich, 1998).

#### **3.2.1.6. Ensoleiramento Geral**

O ensoleiramento geral é uma fundação superficial, Figura 30, executada em betão armado e recebe todas as cargas através dos pilares ou alvenaria da edificação, distribuindo as cargas de forma uniforme sobre o solo.

Este tipo de fundação é usado em situações onde o solo possui baixa capacidade de carga ou quando se deseja tornar uniforme os assentamentos provocados pela deformação do solo. Pode ser usada também quando as áreas das sapatas estão muito próximas umas das outras ou quando a área destas for superior à área da construção pretendida. A resistência do solo é importante para o bom desempenho desse tipo de fundação utilizado, prioritariamente, para suportar cargas elevadas. A resistência está, de certa forma, ligada ao teor de humidade e ao grau de compactação do solo.



**Figura 30:** Ensoleiramento geral

**Fonte:** Hachich, 1998.

De acordo com a *American Concrete Institute ACI 366.2R-88* (1993), o ensoleiramento geral é uma laje sobre o solo que continuamente é suportada pelo solo, cujo total do carregamento, quando uniformemente distribuído, teria uma capacidade de suporte admissível do solo menor ou igual a 50%.

A espessura da laje pode ser variável ou até mesmo uniforme, quando contém elementos de nervura ou vigas. Este tipo de fundação pode ser executado de várias formas, sendo elas em concreto simples, concreto reforçado ou protendido.

Azeredo (1997) refere que se recorre a este tipo de fundação quando o terreno é de baixa resistência e a espessura da camada do solo é relativamente profunda. Quando a profundidade da camada resistente não permite a cravação de estacas, devido ao pequeno comprimento das mesmas, e por ser onerosa a remoção da camada fraca de solo, opta-se pela construção do ensoleiramento geral em betão armado com armadura cruzada na parte superior e na parte inferior.



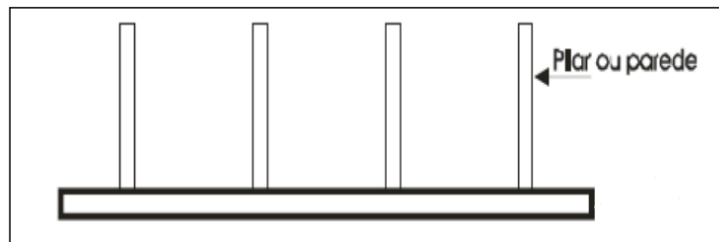
**Figura 31:** Fundação superficial

**Fonte:** Azeredo, 1997.

#### ***3.2.1.6.1. Classificação do ensoleiramento geral de acordo com sua geometria***

##### **- Ensoleiramento geral do tipo liso**

Esta geometria tem a vantagem de ter grande facilidade de execução e economia. Além da possibilidade de se aproveitar como contra piso da edificação.

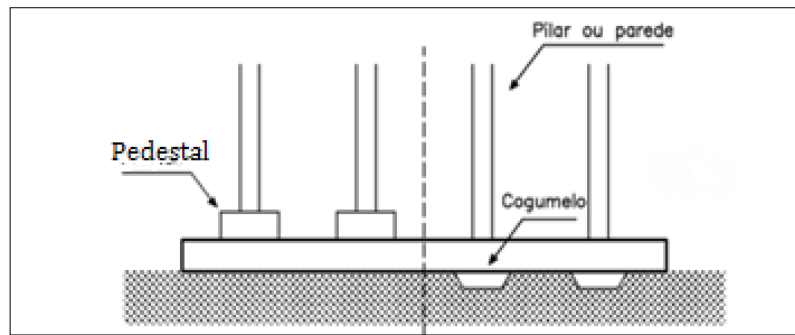


**Figura 32:** Ensoleiramento geral do tipo liso

**Fonte:** Azeredo, 1997.

#### - Ensoleiramento geral com pedestais ou cogumelos

Este tipo de fundação possui uma melhor resistência à flexão e ao esforço cortante. Os pedestais podem localizar-se em relação à base tanto na sua parte superior ou inferior sendo que quando ocorre na parte inferior da forma deixa a estrutura mais limpa, visualmente, e há facilidade na escavação.

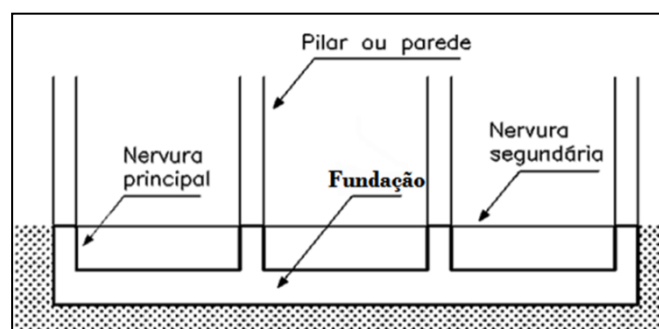


**Figura 33:** Ensoleiramento com pedestais ou cogumelos

**Fonte:** Azeredo, 1997.

#### - Ensoleiramento geral do tipo nervurado

Neste tipo de ensoleiramento geral constroem-se nervuras (principal e secundária), que interligam todos os pilares da estrutura.



**Figura 34:** Nervurado

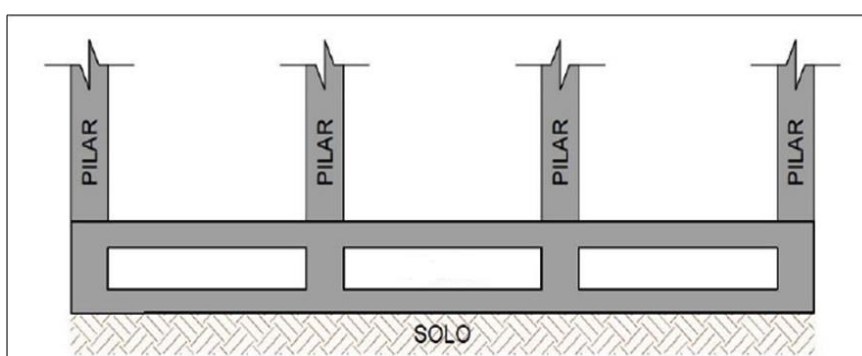
**Fonte:** Azeredo, 1997.

Contudo, a nervura superior é executada sobre a laje e a inferior é feita no momento da escavação sendo necessário o preenchimento com o intuito de deixar o piso totalmente nivelado.

#### **-Ensoleiramento geral do tipo caixão**

O ensoleiramento do tipo “caixão” é, geralmente, utilizado quando é necessária uma estrutura de fundação mais rígida do que o convencional, pois pode ser executado com vários pisos. É formado por duas lajes paralelas e perpendiculares aos pilares.

A sua principal utilização é em reservatórios e fundações flutuantes, onde fissuras e assentamentos (recalques) diferenciais são indesejáveis.



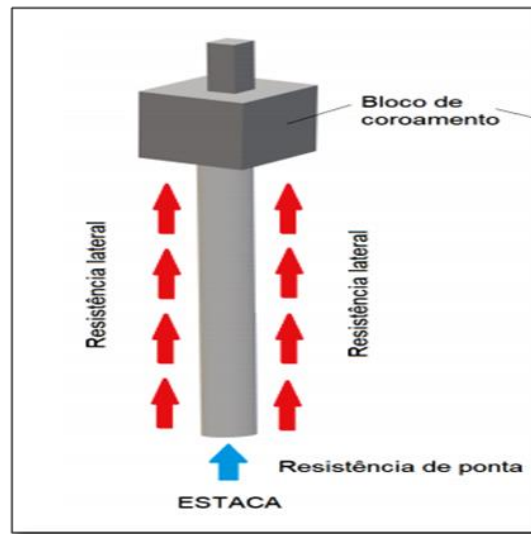
**Figura 35:** Ensoleiramento do tipo caixão

**Fonte:** Azeredo, 1997.

### **3.3. Fundações Profundas**

A fundação profunda é definida como elemento de fundação que transmite a carga da estrutura para o terreno tanto pela base quanto pela superfície lateral do elemento. As fundações profundas englobam as estacas, as barretas, os tubulões e os caixões. De entre estas soluções de fundação profunda as estacas constituem a opção mais frequentemente utilizada. As estacas são elementos estruturais de grande esbelteza, sendo a dimensão transversal muito inferior comparativamente ao seu comprimento, e assim têm a função de transmitir as cargas provenientes da estrutura para o terreno através da sua ponta e/ou atrito lateral (Azeredo, 1997).



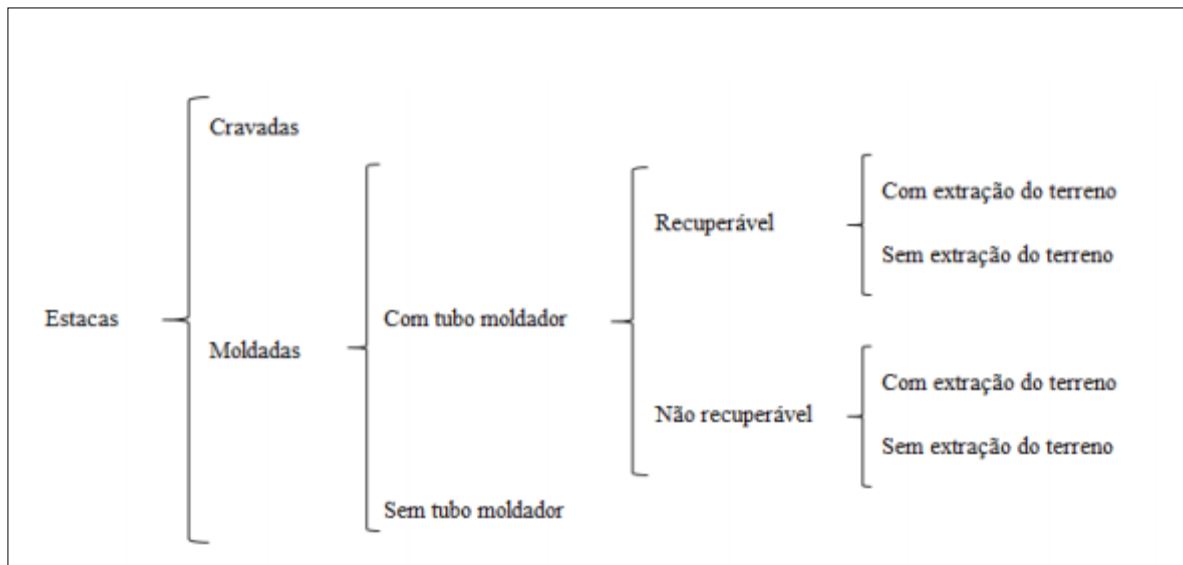


**Figura 36:** Fundação profunda

**Fonte:** Azeredo, 1997.

À extremidade inferior designa-se por ponta da estaca, a parte superior por cabeça da estaca, e a parte intermédia denomina-se fuste e esta pode ter a sua seção transversal diversas formas tais como: circular (maciça ou oca), octogonal, hexagonal, quadrada, triangular.

Do ponto de vista do processo construtivo tem-se basicamente dois grupos, as estacas cravadas e as estacas moldadas. Ao grupo de estacas moldadas pertencem também as estacas executadas com ou sem utilização de tubo moldador, cujo tubo pode ser recuperado ou perdido, com ou sem extração do terreno.



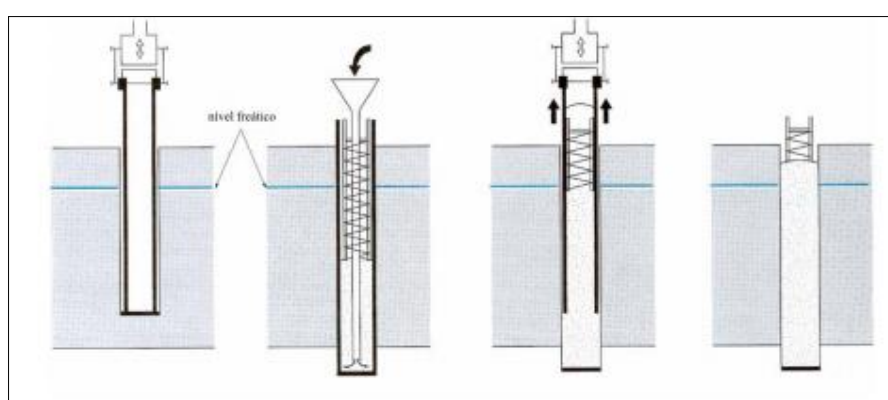
**Figura 37:** Classificação das estacas quanto ao processo construtivo

**Fonte:** Moura, 2010.

### 3.3.1. Estacas moldadas

As estacas moldadas apresentam seção circular, sendo executadas *in situ* e em betão armado. Por se tratar de estacas escavadas possuem diâmetros bem diversos, dependendo apenas do equipamento de perfuração.

A utilização da estaca moldada é muito vantajosa, na medida em que durante a escavação da estaca é possível de certa forma inspecionar o solo atravessado. Tendo como sua grande vantagem a possibilidade de serem utilizadas em qualquer tipo de solo, com ou sem presença de água, o que diferencia o seu processo construtivo, porém o seu comprimento é limitado pelo equipamento utilizado na sua execução (Moura, 2010).



**Figura 38:** Estacas moldadas

**Fonte:** Moura, 2010.

### 3.3.2. Estacas cravadas

Basicamente, o que diferencia as estacas cravadas das moldadas é o processo de construção e fabrico. As estacas cravadas são pré-fabricadas podendo ser metálicas, de madeira e betão armado, com um comprimento considerado máximo de 12 metros, tendo como base a logística de transporte até o local da obra, mas essa questão não impede que se necessário possam ser acopladas durante a sua cravação para que consigam atingir maiores profundidades, sendo adequadas para solos brandos, pois caso contrário a sua cravação seria extremamente difícil. Estas estacas são normalmente dimensionadas para resistirem como estacas de ponta, uma vez o processo de cravação faz decrescer bruscamente a resistência lateral mobilizada, por esta razão não pode ser contabilizada.



**Figura 39:** (a) Estacas metálicas / (b): Estacas de madeira / (c) Estacas pré-moldadas

**Fonte:** Moura, 2010.

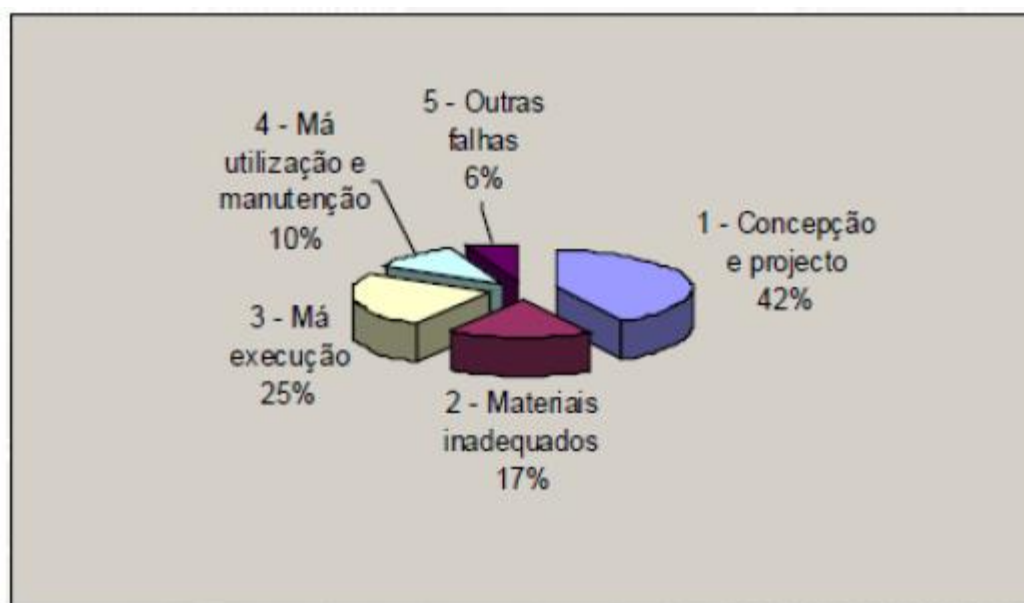
## CAPÍTULO 4 – PATOLOGIAS EM FUNDAÇÕES

### 4.1. Causas e efeitos das patologias em fundações

As patologias nas fundações podem ocorrer ou serem originadas em diversas fases do ciclo de vida: caracterização do comportamento do solo, análise e projeto das fundações, execução das fundações, eventos pós-conclusão das fundações, degradação dos materiais constituintes das fundações.

Neste capítulo serão analisadas algumas causas de patologias em fundações e as respectivas consequências no desempenho dos edifícios.

Em geral, as anomalias nas construções podem ter diversas causas, conforme descrito na Figura 40.



**Figura 40:** Principais causas de anomalias nas construções

**Fonte:** Mesquita, 2013.

Pode observar-se que uma grande percentagem das causas das anomalias se concentra na conceção inadequada de um projeto, o que pode ocorrer devido à inexistente ou inadequada caracterização do solo de fundação, ou ainda, pela má interpretação dos resultados obtidos. Podem ainda existir erros no projeto provenientes de uma incorreta avaliação das cargas ou da utilização de modelos de cálculo inadequados. Noutros casos, as patologias decorrem da falta de qualidade na execução das fundações e sua degradação, de acréscimos de carga não contabilizados no projeto ou ainda de alterações ou movimentos do terreno que afetem as condições iniciais para que a estrutura e as suas fundações foram projetadas.

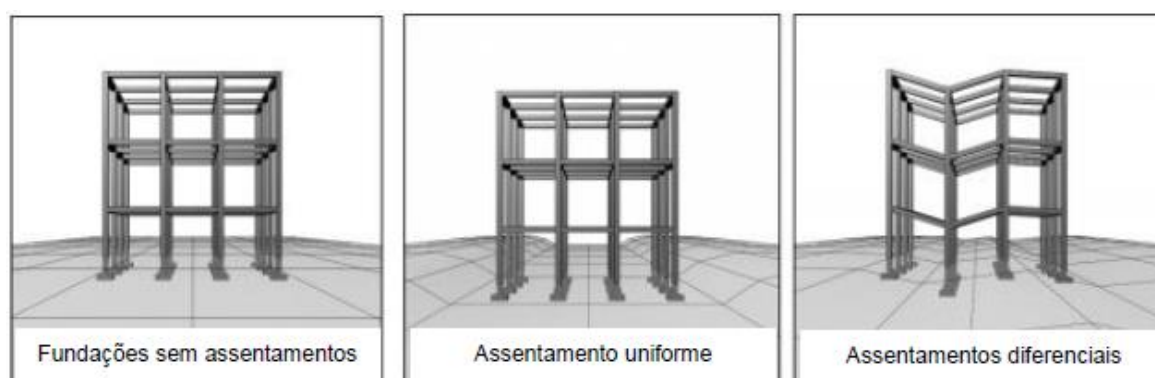
Segue abaixo algumas situações originadoras de movimentos no terreno que podem resultar num comportamento deficiente das fundações superficiais (Mesquita, 2013):

- A construção de edifícios de grande porte junto a edifícios existentes provoca a interseção dos bolbos de tensão e, consequentemente o desnivelamento dos mesmos.
- A construção sobre solos muito compressíveis ou sensíveis à água pode originar assentamentos uniformes ou diferenciais.
- Edificações sobre escarpas sujeitas a deslizamento ou a montante de taludes também exigem especial atenção relativamente ao sistema de fundações adotado.
- A execução de escavações próximas de edificações deve ser acautelada porque pode causar descompressão dos maciços e consequentemente deslocamentos diferenciais.
- A existência de árvores de grande porte ou de crescimento rápido próximas das edificações pode provocar assentamentos diferenciais.
- A construção sobre aterros insuficientemente compactados pode originar assentamentos diferenciais.
- A existência de cavidades no solo de fundação pode originar subsidências causadora de estragos nas edificações.
- Sistemas de fundações heterogêneos ou sobre solos heterogêneos.

Já no caso de fundações profundas podem ocorrer as situações que a seguir se refere.

- A execução de estacas apoiadas em camadas resistentes sobre solos moles, pode potenciar assentamentos incompatíveis com a obra;
- A ocorrência de atrito negativo não previsto, reduz a carga admissível nominal adotada para a estaca;

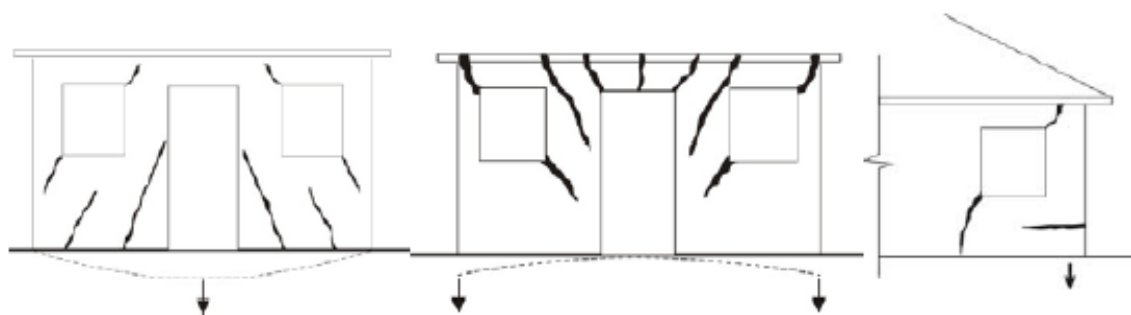
Os assentamentos de uma fundação, sejam de carácter global ou diferencial, podem afetar o bom funcionamento do edifício ou até mesmo criar instabilidades na estrutura, comprometendo a sua segurança e diminuindo a sua vida útil (Laranjeira Mendes, 2011).



**Figura 41:** Interação solo-estrutura perante o assentamento de fundações

**Fonte:** Laranjeira Mendes, 2011.

A manifestação reconhecível de ocorrência de movimentos diferenciais das fundações é o aparecimento de fissuras nos elementos suportados conforme demonstrado na Figura 42.



**Figura 42:** Fissuras e fendas típicas de assentamentos de fundações

**Fonte:** Viana da Fonseca, 2006.

Sempre que a resistência dos componentes da edificação ou ligação entre elementos for ultrapassada pelas tensões geradas pela movimentação desenvolvem-se fissuras.

#### **4.1.1. Construção sobre aterros**

Uma das características dos aterros é que eles deformam (assentam). E, no entanto, muitas edificações são anualmente edificadas sobre aterros sem que haja a preocupação de se tomar as precauções elementares.

A construção de edifícios com fundações diretas sobre aterros já existentes deve ser sempre alvo de especial atenção, pois poderão apresentar comportamento evolutivo ao longo do tempo, em particular, perante variações de carga e de humidade. Esta situação pode ser encarada sem riscos exagerados nos casos em que existe equilíbrio, o que acontece quando a estrutura apresenta um carregamento simétrico e as fundações são ligadas por vigas de fundação, o aterro é homogéneo, constituído por material granular de espessura aproximadamente constante, devidamente compactado e drenado, repousa sobre terreno competente, igualmente de espessura constante.

Além das condições do aterro é preciso também verificar se o solo de fundação do aterro dispõe de características de resistência e de deformabilidade para acomodar as cargas provenientes da estrutura ou se é necessário tratá-lo. No caso de os solos de fundação serem constituídos por materiais muito compressíveis, ao sobrecarregá-lo com um aterro de pré-carga e posteriormente com as cargas provenientes da estrutura, a amplitude dos assentamentos pode ser bastante considerável, a curto, médio e longo prazo. Sendo assim, é necessário consolidar a camada de solo mole para que esta se torne menos compressível ou transmitir as cargas diretamente para uma camada de solo subjacente e com maior capacidade de carga, se a obra assim o justificar, segundo Araújo, 2011.

#### **4.1.2. Presença de água perante solos expansíveis e colapsíveis**

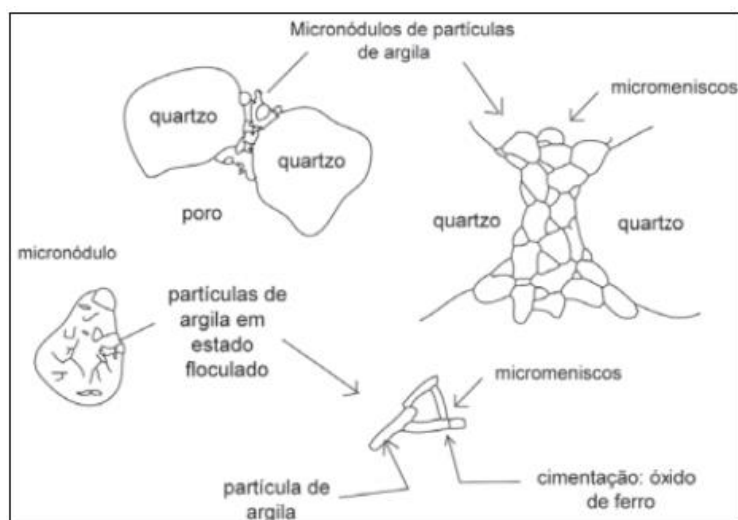
A presença de água é, frequentemente, um elemento perturbador em certos tipos de solos, e particularmente nos solos expansíveis ou colapsíveis. Esses tipos de solos não saturados quando são submetidos a um aumento do teor de humidade sofrem alterações volumétricas. Daqui resulta, em todos os casos, um acréscimo de assentamentos, portanto aparição de desordens nas construções. Além de que, nos terrenos inclinados, podem produzir-se escorregamentos. Já os solos expansíveis, devido à presença de argilo-minerais expansíveis na sua composição, expandem quando saturados e contraem quando secos. Assim, variações do teor de humidade poderão ser responsáveis por grandes variações

volumétricas. No âmbito das patologias em fundações, este tipo de comportamento pode ser causador de problemas como a abertura de fendas e fissuras e em última instância, a rotura.

Existem três procedimentos básicos para reduzir ou evitar os efeitos de solos expansivos sobre fundações e estruturas, como a seguir se refere (Marcelo de Oliveira, 2010).

- Isolar a estrutura dos materiais expansivos;
- Reforçar a estrutura para resistir aos esforços provocados pelas forças de expansão;
- Eliminar os efeitos de expansibilidade.

O teor de humidade pode ainda exercer grande influência nos designados solos colapsáveis que se caracterizam por uma significativa redução de volume quando humedecidos, com ou sem aplicação de carga adicional. Este tipo de solo é normalmente poroso, sendo proveniente de rochas graníticas e outras rochas ácidas tal como o basalto. Tendo uma elevada permeabilidade, ou seja, altos índices de vazios e uma estrutura macroporosa, permite que a água percole nos seus vazios sem saturá-los. No entanto, a partir de uma determinada quantidade de água existente nos seus poros, é exercida uma pressão que faz com que as ligações entre as partículas do solo sejam destruídas. Em consequência do colapso da estrutura do solo resultam assentamentos por adensamento do solo. Na Figura 43 pode observar-se o modelo de arranjo estrutural de solos colapsáveis descrito anteriormente.



**Figura 43:** Fissuras e fendas típicas de assentamentos de fundações

**Fonte:** Viana da Fonseca, 2006.



Na Figura 44 são ilustradas algumas consequências que as variações volumétricas do solo podem exercer em edifícios.



**Figura 44:** Exemplos de danos devido a variações volumétricas

**Fonte:** Carvalho, 2010.

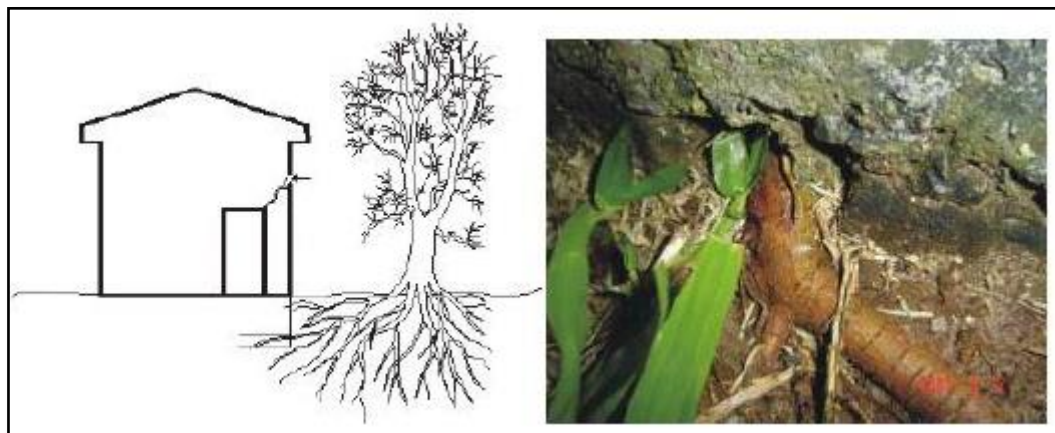
A saturação do solo de fundação pode ser provocada não apenas pela água das chuvas e subida no nível freático, mas também por fugas na rede de águas, de esgoto doméstico e industrial, de galerias e canais de águas pluviais, de reservatórios de água, de piscinas, de estações de tratamento, etc. Assim, salienta-se uma vez mais a importância de um bom reconhecimento geotécnico por forma a permitir o dimensionamento e definição do tipo de estruturas e fundações apropriadas para os terrenos potencialmente problemáticos (Carvalho, 2010).

#### **4.1.3. Vegetação junto das edificações**

A presença de vegetação nas proximidades das edificações é muitas vezes causa de danos nas mesmas, não só por interferência física das raízes como também por alteração do teor de humidade do solo, dado que as raízes absorvem a água do solo em seu redor. Em solos argilosos estas variações provocam mudanças volumétricas que consequentemente originam movimentos nas fundações e, portanto, assentamentos localizados, que podem resultar em patologias dos edifícios. Também o apodrecimento das raízes pode provocar assentamentos no solo e consequentemente danos nas edificações.

Existem vários fatores que podem incutir o desenvolvimento deste fenômeno, tais como o tipo de vegetação, o solo, o nível da água, o clima, o tipo de fundação e a distância da vegetação em relação à fundação (Viana da Fonseca, 2006).

A Figura 45 é ilustrativa deste tipo de situações.



**Figura 45:** Assentamentos induzidos por raízes

**Fonte:** Viana da Fonseca, 2006

#### **4.1.4. Cavidades naturais e antrópicas**

Nas regiões cársticas é característica a ocorrência de cavidades. Os maciços cársticos são caracterizados pela dissolução química (corrosão) das rochas que leva ao aparecimento de uma série de características físicas, tais como, as cavernas ou os rios subterrâneos. Estes maciços são constituídos, predominantemente, por rocha calcária, mas também podem ocorrer noutro tipo de rochas carbonáticas, como o mármore e as rochas dolomíticas. O processo de carsificação ou dissolução química inicia-se pela combinação da água da chuva ou de rios superficiais com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) proveniente da atmosfera ou do solo, formando a chamada “água ácida”. Assim, este fenômeno ocorre, sobretudo, em regiões de pluviosidade elevada, pois é garantido um fluxo elevado de água para dissolver as rochas. É também favorecido com a presença de vegetação que permitem uma melhor infiltração da água no solo (Vestena, 2002).

Neste contexto, no decorrer deste fenômeno, podem ocorrer colapsos do solo ou rocha, gerando-se subsidências nas camadas de solo acima, promovendo a ocorrência de danos nas construções à superfície e, até mesmo, representar riscos à vida humana, quando estas áreas são ocupadas.

Pelas razões apresentadas, as cavidades subterrâneas são um o grande risco para as obras de engenharia, constituindo a origem de várias adversidades, tais como subsidências em estradas, colapso de fundações, fugas e água em barragens e reservatórios, entre outros. Assim, a execução de obras de engenharia em áreas cársticas pode, por vezes, resultar em problemas de estabilidade, dada a natureza irregular dos maciços com cavidades. Os problemas de colapso e subsidência tanto podem ocorrer naturalmente no decorrer do processo de evolução morfológica, como podem ser acelerados por atividades antrópicas tais como, a extração mineral, a ocupação urbana, atividades agrícolas, captação de água e lançamento de águas residuais.

Segue como exemplo a ocorrência num quarteirão no distrito de Hauraki, Nova Zelândia no dia 13 de dezembro de 2001. Esta bacia de subsidência com cerca de 40 metros de diâmetro foi causada pelo rebaixamento do lençol freático necessário à operabilidade de uma mina de ouro aí existente, conforme demonstrado na Figura 46 (Carvalho, 2010).



**Figura 46:** Quarteirão afetado pela subsidência devido ao rebaixamento do nível freático

**Fonte:** Carvalho, 2010.

Desta forma, nas zonas de extração de água ou minério, constituídas por túneis e galerias, podem ser originadas estas subsidências. É importante o conhecimento cadastral destas situações. No entanto, mesmo existindo plantas que localizam as minas, estas são imprecisas e devem ser consideradas apenas como indicativas para direcionar as investigações, não devendo ser consideradas confiáveis na tomada de decisões importantes. Sendo assim, é indispensável uma investigação geotécnica detalhada nas áreas onde se preveja este tipo de situações, sendo que a geofísica permite resultados bastante exatos na detecção de cavidades nos maciços.

#### 4.1.5. Fundações heterogêneas e heterogeneidade do solo

Não é raro encontrar casos, em construções importantes, em que algumas partes da obra desçam a profundidades muito diferentes porque o terreno pode não ser o mesmo em toda a extensão da obra. Tendo aqui neste caso, uma dupla heterogeneidade, a do terreno e a da obra. Além disso, pode-se encontrar lado a lado:

- edificações muito pesadas com uma fraca tolerância à deformação, portanto necessitando de fundações profundas se o terreno superficial for de qualidade medíocre;
- edificações muito ligeiras, em que não é rentável fundar em profundidade e que se podem assentar à superfície, tomando-se algumas precauções elementares.

Como demonstrado na Figura 47, em situações em que a carga não é constante em todo o edifício e as camadas resistentes do subsolo estejam a diferentes profundidades ou que tenham sido utilizados diferentes tipos de fundação, é necessário avaliar a compatibilidade dos assentamentos diferenciais, podendo ser necessário adotar uma junta de separação entre as partes do edifício com diferentes condições para garantir que se deformam separadamente.



**Figura 47:** Danos provocados pelo carregamento não constante

**Fonte:** Viana da Fonseca, 2006.

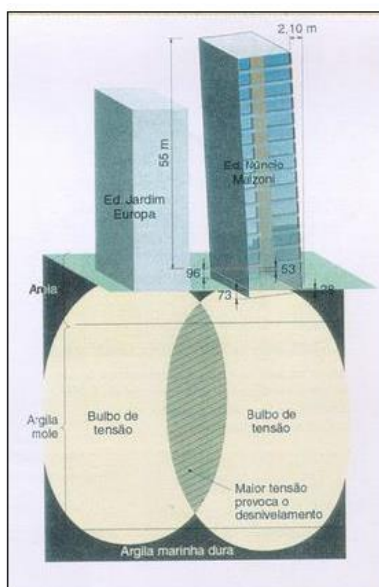
#### 4.1.6. Construção de edifícios de grande porte junto de edifícios existentes

Quando se constrói uma edificação o terreno sob as suas fundações só adquire o seu assentamento definitivo ao fim de um período mais ou menos longo, podendo este assentamento ser quase instantâneo em caso de solos muito permeáveis.

É, portanto, evidente que se tivermos que construir um novo imóvel encostado a outro construído anteriormente, o efeito de assentamento do solo sob a ação das cargas da nova construção pode, por interação, provocar o abatimento do terreno sob as fundações do edifício antigo, e, por consequência, causar desordens nesta edificação (Sayegh, 2001).

Sendo assim, por vezes, surgem problemas no comportamento das fundações devido a eventos posteriores à construção dos edifícios. Um exemplo pode ser a construção de edifícios de grande porte a uma curta distância de edifícios já existentes.

Perante estas situações, se o novo edifício tiver um porte significativo relativamente à resistência do solo de fundação, os edifícios irão ter comportamentos indesejados devido à sobreposição do bolbo de tensões, conforme demonstrado no exemplo da Figura 48.



**Figura 48.** Cruzamento do bolbo de tensões de edifícios muito próximos

**Fonte:** Sayegh, 2001.

O exemplo demonstrado na Figura 48, é um caso que ocorreu na cidade de Santos, no Brasil. Este problema surge de uma particularidade do solo de Santos, pois este é caracterizado por uma camada de areia superficial que recobre uma extensa camada de solo argiloso, muito compressível.

Nas décadas de 1950 e 1960 verificou-se uma construção abrupta de edifícios de grande porte, próximos uns dos outros, apoiados em fundações diretas. Muitos destes prédios começaram a inclinar-se e a Orla de Santos passou a ser conhecida pelos seus inúmeros prédios inclinados. O maior problema, no entanto, não é o afundamento dos prédios em alguns milímetros, mas sim os assentamentos diferenciais devidos às concentrações de cargas no cruzamento dos bolbos de tensões (Sayegh, 2001).

Sendo assim, nota-se mais uma vez a importância da caracterização do solo de fundação e de transmitir as cargas até um solo competente. Neste tipo de situação poder-se-ia ter optado por fundações profundas para o novo edifício ou pelo tratamento da camada de solo compressível, consoante a sua profundidade.

#### **4.1.7. Fundações profundas levadas a profundidade insuficiente**

Quando as camadas de solo mais superficiais não apresentam as características mecânicas adequadas para suportar as cargas da obra, é necessário levar o nível das fundações até uma maior profundidade. Muitas vezes, uma das opções nestas situações é um sistema de fundações por estacas. As estacas podem trabalhar por ponta quando apoiadas num maciço firme, ou, no caso das estacas flutuantes, garantir a resistência através do atrito lateral. No caso de ser considerada a resistência por ponta no dimensionamento das estacas, é importante ter especial atenção em garantir as condições de suporte das cargas pelo maciço firme. Especialmente em solos aluvionares, é frequente encontrarem-se alternâncias de terrenos compactos com solos moles, cujas cotas e espessuras podem variar muito de um ponto para o outro. A paragem da sondagem, ao ser detetada uma camada de maior resistência, pode, portanto, levar a juízos errados, se a espessura da mesma não for considerável perante o carregamento solicitado (Araújo, 2011).

Se existir uma camada compressível subjacente, à qual sejam transmitidas cargas consideráveis, esta poderá comportar assentamentos significativos que ponham em causa o bom desempenho do edifício ou poderá mesmo desencadear problemas ao nível do estado limite último, no caso da resistência lateral não ser suficiente para mobilizar o carregamento da obra. É importante enfatizar mais uma vez, a importância do acompanhamento desde o estudo prévio de um especialista que possa indicar o género e a extensão das investigações a prever, em função da natureza da construção e do terreno sobre o qual irá ser fundada.

#### **4.1.8. Ocorrência de atrito negativo em estacas**

Por fim, o fenômeno de atrito negativo ocorre sempre que o solo à volta da estaca assenta mais do que a própria estaca, provocando um acréscimo de carga axial na mesma. Assim, é preciso ter em conta a sua ocorrência sempre que as estacas atravessam maciços em processo de consolidação, como por exemplo, quando as estacas são instaladas em solos silto-argiloso sobre os quais existem aterros recentes. Se a estaca tiver uma resistência de ponta considerável, ou seja, a camada de solo na qual está ancorada é suficientemente espessa e compacta, então o atrito negativo representará sobretudo uma diminuição do coeficiente de segurança, não provocando assentamentos apreciáveis.

Entretanto, se a estaca for flutuante, a maioria da sua capacidade de carga provém do atrito lateral, o atrito negativo pode fomentar assentamentos excessivos e uma diminuição inadmissível do coeficiente de segurança (Araújo, 2011).

## CAPÍTULO 5 – TÉCNICAS PARA REFORÇO DE FUNDAÇÕES

### 5.1. Técnicas para Reforço de Fundações

Os problemas de reforço ou reparação de estruturas afetam também o domínio das fundações, especiais ou não. Em muitos casos, os problemas de fundação estão associados aos próprios problemas estruturais, embora às vezes possam ser limitados apenas às fundações, sem atingir o nível das superestruturas.

De acordo com Neves (2010, p.6) a necessidade de reforço de fundações coloca-se, essencialmente, em três situações distintas:

- quando ocorre a alteração das condições do terreno de fundação (arrastamento de finos, abaixamento do nível freático, descompressão do solo);
- no caso de insuficiência de fundações;
- como consequência de um aumento das cargas atuantes;
- uma combinação de diferentes condições.

O reforço das fundações é um dos componentes fundamentais da reabilitação da estrutura de um edifício. É um procedimento que permite incrementar a segurança das fundações já existentes, e promover melhorias na capacidade de carga, interferindo num conjunto de solo + fundação + superestrutura (Correia, 2014).

Reforços e reparos são problemas relacionados, embora, geralmente, possam ter origens diferentes. O reforço é planeado e executado antes que ocorra um dano, seja pela mudança planeada do local de uma estrutura, seja pela modificação programada das condições. Já o reparo (reabilitação), por vezes associado ao reforço, é consequência do aparecimento de um determinado número de perturbações e visa eliminá-las, bem como as suas causas e inconvenientes.

O reforço das fundações por meio de subconstruções é frequentemente necessário quando um edifício muda, quando são acrescentados pisos a um edifício ou quando uma estrutura mostra sinais de fragilidade estrutural. De acordo com Kroth (2016), o reforço de fundação é uma intervenção no sistema solo-fundação-estrutura com o objetivo de modificar seu desempenho. Isto se faz necessário quando as fundações existentes se mostrem inadequadas para o suporte das cargas atuantes ou quando ocorre aumento no carregamento



e este novo valor não pode ser absorvido sem riscos e reduções nos coeficientes de segurança.

Para que seja realizado o reforço de fundação é necessário que se proceda ao levantamento de anomalias existentes. e será por meio do diagnóstico que se determinará a eficácia da intervenção. O diagnóstico preciso é fundamental, uma vez que o reforço deverá ser executado de acordo com o tipo de danos identificados, podendo ser de natureza arquitetônica, funcional ou estrutural. Os danos de natureza arquitetônica englobam fissuras em paredes e acabamentos ou roturas de painéis de vidro, o reforço poderá ser opcional. Quando se trata de danos de natureza funcional o reforço dependerá do nível dos danos, incluindo rotura de canalizações, mau funcionamento de portas e janelas e desgaste excessivo de calhas de elevadores. Já em danos estruturais o reforço será sempre necessário, incluem danos em vigas, pilares, lajes.

Na atualidade, o reforço das fundações dos edifícios apresenta grande relevância, uma vez que diz respeito à segurança dos seus usuários e relaciona o edifício com os adjacentes. Portanto, a execução deste tipo de obra deve-se ao fato de existirem em número cada vez maiores, novas construções junto de obras existentes (Correia, 2014).

#### **5.1.1. Normas regulamentadoras**

- NP EN 1992-1-1:2010 Eurocódigo 2 Parte 1-1;
- NP EN 1993-1-1:2010 Eurocódigo 3 Parte 1-1; PR
- EN 1993-1-5:2005 Eurocódigo 3 Parte 1-5;
- NP EN 1997-1:2010 Eurocódigo 7 Parte 1;
- EN 12716:2001 Euronorma de execução de jet grouting;
- EN 14199:2001 Euronorma de execução de microestacas.

## **5.2. Requisitos para o reforço de fundações**

É imprescindível, antes do desenvolvimento de um projeto de reforço e/ou reparo (reabilitação), um bom conhecimento do ambiente geotécnico da estrutura. Para tal, é essencial avaliar os seguintes pontos:

- a resistência do solo de fundação através da realização de ensaios no local, mas também em laboratório, para determinar as características físicas e mecânicas do solo.
- a variação dos lençóis freáticos ao longo do tempo e, em particular, o nível da água mais alto conhecido.
- avaliar a evolução provável do ambiente geotécnico e, mais particularmente, as futuras construções conjuntas, mas também os sistemas de drenagem ou de esgotos, o assentamento de tubagens, o rebaixamento de lençóis freáticos e a plantação de espécies como choupo, que aceleram a dessecação dos solos.

Quanto aos materiais de reforço dos solos, Coelho (1996) salienta que devido à sua grande resistência à tração e corrosão os materiais utilizados são: polímeros sintéticos (poliéster, poliamida, polietileno, polipropileno). Os materiais a serem utilizados deverão levar em consideração as condições de carga e vida prevista para a estrutura. Neves (2010) ressalta que este tipo de trabalho exige mão de obra especializada e que além disto, as propriedades mecânicas do estrato de solo de suporte e as condições de conservação dos elementos de fundação são fatores que influenciam a realização do reforço, e que devem ser bem avaliadas pelos técnicos.

### **5.3. Tipos de intervenção de reforço**

#### **5.3.1 Reforço de fundações sem aprofundamento**

A intervenção sem aprofundamento busca solucionar a problemática para promover a melhoria de qualidade geotécnica do terreno de apoio, ou para alargar a área de contacto fundação-terreno, reduzindo a tensão de contacto com o solo. Neste tipo de intervenção utiliza-se o recurso à técnica de *jet grouting*.

#### **5.3.2. Reforço de fundações com aprofundamento**

Na perspectiva de Neves (2010), estas intervenções de reforço, quando realizadas em edifícios antigos, que pela sua natureza se pressupõem algo degradados, requerem a utilização de técnicas que minimizem as vibrações transmitidas ao solo e, consequentemente, à estrutura. Neste tipo de intervenção utiliza-se o recurso à técnica de microestacas.

## 5.4. Técnicas de Reforço

### 5.4.1. Microestacas

O uso de microestacas tornou-se popular em muitos projetos geotécnicos. Podem geralmente ser instaladas em espaços pequenos e estreitos, sem limitar as condições de trabalho por fatores como o comprimento das estacas e o ângulo de instalação.

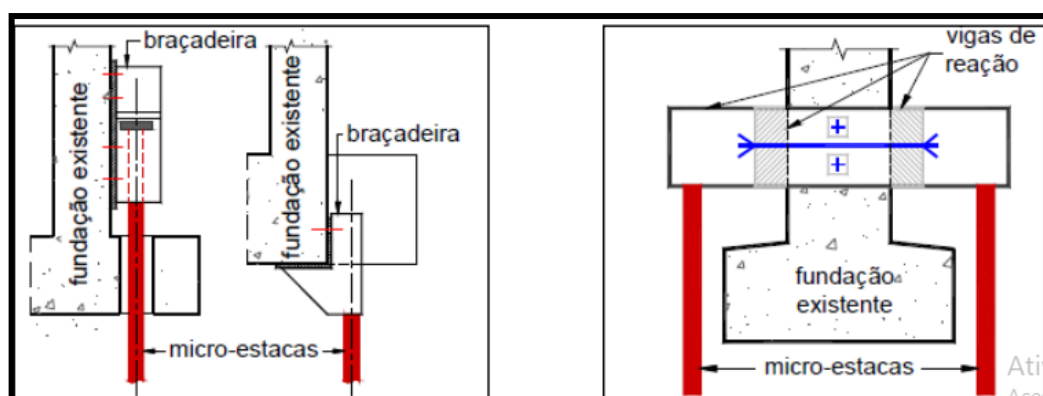
Segundo Costa (2016) as microestacas são estacas de pequeno diâmetro, entre os 80 mm e os 400 mm, sendo o mais corrente entre os 100 mm e 200 mm. São perfuradas em terrenos de qualquer natureza e é injetada uma calda de cimento sob pressão, reforçada estruturalmente através de tubos, perfis metálicos e/ou varões de aço. Devido a essas vantagens, as microestacas têm sido usadas, principalmente, para aumentar a capacidade de suporte ou reduzir o assentamento em engenharia de fundações. Elas também têm sido usadas para vários outros fins, como apoiar novas estruturas e estabilizar encostas. No projeto de fundações, as microestacas são, frequentemente, utilizadas como reforço do solo, em vez de elementos estruturais. As estacas escavadas com injeção são executadas por meio de injeção sob pressão de um determinado produto que é aglutinador (cimento ou argamassa com areia), com o intuito de garantir a integridade ou ampliar a resistência do material. Estas estacas subdividem-se em estacas raiz e microestaca.

As microestacas são elementos que conduzem a carga ao solo, basicamente, por atrito lateral (sobretudo para valores de  $N_{spt} > 30$ ), na interconexão calda/solo, e também por ponta. Esta mobilização do atrito lateral apresenta resistência à tração (entre os 150 a 2000 kN), e esta capacidade resistente é em função do seu diâmetro, da armadura, do processo de execução e do tipo de solo. O fenómeno de encurvadura poderá ocorrer ao utilizar as microestacas por serem materiais esbeltos. Em relação ao campo de aplicação, destacam-se as microestacas carregadas diretamente e o reforço à maior parte das cargas aplicadas. No caso em que as microestacas são o reforço do solo, elas podem contribuir para a melhoria. O processo de execução pode ser distinguido em microestacas do tipo I e tipo II.

As microestacas Tipo I são aquelas injetadas a baixa pressão, cuja injeção da calda é realizada por gravidade ou baixa pressão, a furação entubada é provisória, na qual pode introduzir-se uma estaca agulha (armadura clássica) ou estacas raiz com injeção de ar comprimido e a extração do tubo é feita simultaneamente com a injeção da argamassa (Machado, 2011).

As microestacas do Tipo II são estacas injetadas a alta pressão, possuindo maior eficiência, devido à melhor qualidade de injeção (injeção da calda feita sob pressão, cerca de 20 a 40 bar) (Machado, 2011).

Kroth (2016) explica que as microestacas injetadas, são do tipo autoperfurante e consistem em barras trefiladas com um furo central em toda sua extensão. Essas barras são unidas por luvas reforçadas, tendo em sua extremidade uma broca tricône reforçada com widea para perfuração de pequenas rochas e com orifícios para injeção de calda de cimento. A perfuração é executada concomitantemente com a injeção de calda de cimento por rotação. Após atingir o comprimento final de perfuração, a microestaca está pronta, devendo-se apenas aguardar o tempo de cura da calda de cimento para a incorporação à estrutura antiga. Em locais onde pode apenas realizar-se a intervenção a um dos lados da fundação, utilizam-se braçadeiras ou vigas de reação, nas quais se colocam as microestacas que ficarão submissas aos esforços de compressão e de tração.



**Figura 49:** Microestacas implementadas em fundações acessíveis de um só lado

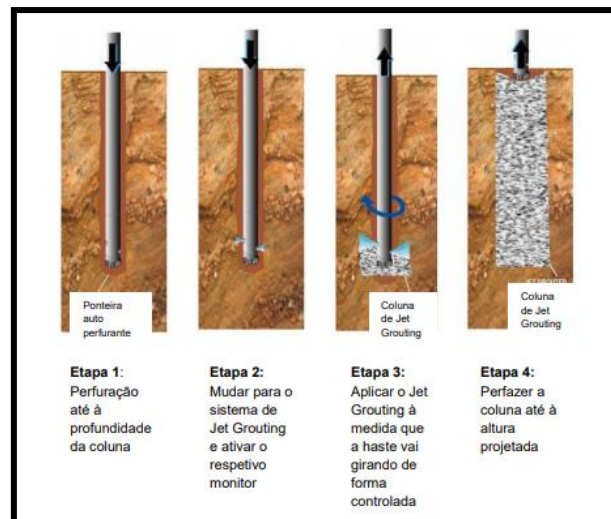
**Fonte:** Costa, 2016.

Conforme Costa (2016), a execução de uma microestaca envolve as seguintes fases:

- abertura do furo até à cota prevista;
- colocação das armaduras;
- injeção de preenchimento de baixo para cima, sem pressão ou com baixa pressão entre 1 a 2 mpa;
- injeção de selagem com pressão mais elevada que a anterior, entre 2 a 4 mpa, no caso de microestacas do tipo II.

### 5.4.2. Jet grouting

O *jet grouting* é uma técnica de tratamento de solos, que permite obter um material com melhores características mecânicas e de menor deformabilidade e permeabilidade que o inicial. É uma técnica realizada no interior do terreno, sem escavação prévia, utilizando para esse efeito uma coroa especial com jatos de calda de cimento a alta pressão (20 a 40 MPa). A transformação da energia potencial da bombagem da calda em energia cinética provoca a desagregação da estrutura do terreno natural e consecutivamente uma mistura de solo remexido com calda de cimento, obtendo-se assim um novo material que após atingida a presa apresenta características mecânicas e hidráulicas bastante melhoradas.



**Figura 50:** Procedimentos utilizados na aplicação de *jet grouting*

**Fonte:** Costa, 2016.

## 5.5. Casos reais da aplicação de técnicas para reforço de fundações

Em Portugal, a técnica de reforço de fundações tem sido usada, sobretudo em fundações profundas de grandes obras de infraestruturas e para o reforço das fundações de edifícios antigos.

As microestacas têm sido amplamente usadas neste contexto, pelo crescente número de projetos de reabilitação que são guiados pela conscientização sobre a necessidade de restaurar o património edificado deste país. Neste tópico serão apresentados locais onde foram realizados estudos técnicos e aplicado o reforço de fundações.

### 5.5.1. Theatro Circo de Braga

O Teatro Circo (português: Teatro Circo) é um teatro revivalista português do século XX, na freguesia de São João do Souto, concelho de Braga. Projetado pelo arquiteto João de Moura Coutinho, foi inaugurado em 21 de abril de 1915.

No ano de 1998 este edifício já não apresentava condições de segurança. No ano de 1999 foi decidida a sua reabilitação, pretendendo-se a reposição do projeto original, contudo, atendendo às exigências de habitabilidade e comodidade atuais.



**Figura 51:** Fachada do Theatro Circo de Braga

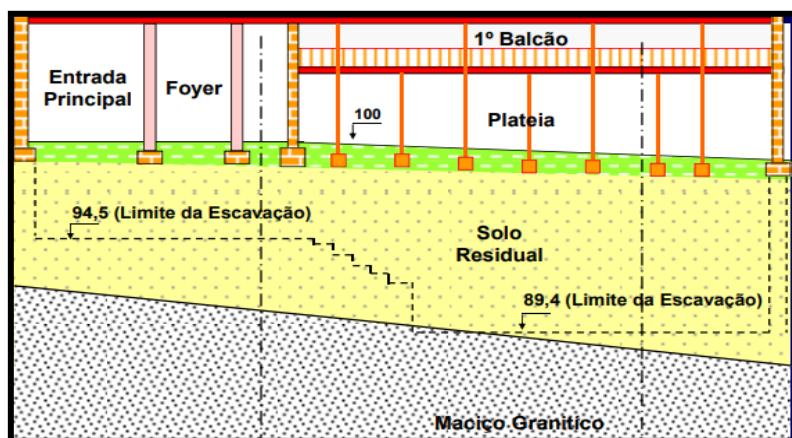
**Fonte:** Pinto et al., 2003.

Após o diagnóstico foi preciso realizar escavações, de aproximadamente 11 metros, sob a plateia e na entrada principal do edifício, preservando a integridade, minimizando o impacto na estabilidade e na aparência. Foram adotadas soluções construtivas e foi necessário a utilização de equipamentos ajustados aos espaços que estavam disponíveis, de modo que gerassem o mínimo de ruído, sendo portanto, utilizados equipamentos de escavação leves e equipamentos de furação adaptáveis a pé direitos encurtados e que pudessem levar a nova fundação de 4 a 15 metros de profundidade, onde estava o maciço de granito com capacidade de maior resistência que as camadas de solo à superfície (Antunes 2012). O reforço de fundação que foi feito no Theatro Circo de Braga, na fase de preparação, exigiu um rigoroso estudo do perfil geológico e geotécnico do local, bem como uma avaliação detalhada da estrutura antes da definição dos critérios de concepção e de execução.

Borges (2013, p.5) explica que os ensaios ao solo revelaram a ocorrência de uma camada superficial de solo vegetal com 2m a 6m de profundidade, que assentava sobre um maciço granítico com profundidade compreendida entre os 4m e os 15m. O nível freático situava-se abaixo da cota de escavação. A solução proposta passou pelo recalçamento de

paredes e pilares de forma simétrica, recorrendo a microestacas de coroa circular, solidarizadas no topo por vigas de coroamento em betão armado, solidarizadas entre si com recurso a varões de aço pré-esforçado tipo GEWI. Foram executados maciços intermédios de betão armado para travamento horizontal das microestacas, tendo como principal função a limitação do efeito de encurvadura das mesmas.

O primeiro passo para analisar a possibilidade de reforço de fundação é recolher toda a informação disponível sobre as condições do terreno incluindo uma pesquisa sobre características topográficas, tipos de estruturas existentes, afloramento de rochas, níveis de água no subsolo, perfil geológico de cortes ou escavações. Com base nestas informações é possível realizar um diagnóstico preliminar porque se tem uma estimativa das propriedades gerais.



**Figura 52:** Perfil geológico Teatro Circo de Braga – Corte longitudinal

**Fonte:** Pinto et al., 2003.

Os parâmetros geológicos/geotécnicos do solo de fundação possibilitam obter mais informações para uma análise mais precisa sobre as soluções que poderão ser propostas (Costa, 2016). Costa (2016, p.77) afirma que o reconhecimento geológico/geotécnico pode evitar a conceção de um projeto inadequado e consequentemente anomalias no edifício. O reconhecimento do solo deve ser encarado como um investimento e não como um custo, uma vez que a sua realização diminui a possibilidade de vir a ser necessário executar reforços nas fundações que se podem tornar mais dispendiosos e causar transtorno aos utilizadores do edifício.

Foram usadas microestacas de coroa circular em aço de alta resistência com tensão de cedência superiores a 560 MPa. Elas foram unidas aos pilares e paredes por meio de

maciços ou vigas. No Theatro Circo de Braga as microestacas foram apresentadas como solução para recalçamento em betão armado através de seu coroamento (Antunes, 2012).



**Figura 53:** Escavações junto às microestacas

**Fonte:** Pinto et al., 2003.

Os pilares e paredes por meio de maciços ou vigas de recalçamento conduziam as cargas das fundações originais às novas microestacas, travadas de forma horizontal por maciços intermédios de betão armado, sendo que estes eram travados por perfis metálicos. Com esta estrutura pode garantir-se o travamento horizontal das microestacas e suavizar o comprimento de encurvadura da microestaca, mantendo a função protetora das microestacas contra impactos aleatórios que pudessem ocorrer durante as escavações (Antunes, 2012).



**Figura 54:** Blocos de sustentação da estrutura existente apoiados nas microestacas (esquerda) no Theatro Circo de Braga

**Fonte:** Pinto et al., 2003.



Para o reforço da fundação no Theatro Circo de Braga foram seguidas as seguintes fases:

1. cravação das microestacas em torno do elemento a recalçar.
2. execução dos maciços de encabeçamento das microestacas.
3. solidarização dos maciços de encabeçamento aos elementos verticais a recalçar por meio de costuras com barras Gewi pré-esforçadas.
4. escavação, com destruição parcial ou total da fundação dos elementos verticais existentes e com transferência das cargas desses elementos para as microestacas.

A integridade deste edifício pode ser mantida à medida que incorporam a reabilitação dos edifícios antigos, mas sem afetar a sua adequação em termos de requisitos de segurança e conforto, permitindo verdadeiramente a regeneração do nosso património histórico (Antunes, 2012).

#### **5.5.2. Palácio Sotto mayor**

Localizado em Lisboa, o Palácio Sotto Mayor foi construído entre 1902 e 1906 por Sotto Mayor, o homem mais rico de Portugal na época, para servir de residência nas novas avenidas em construção no final do século XIX. Em 1988, após um incêndio no palácio, foi tornado como património de interesse público, e a Câmara Municipal de Lisboa e o IPPAR formalizaram e colocaram em prática um plano de requalificação e remodelação do palácio. Esses planos previam um anexo na lateral do palácio, enquanto apenas pequenas mudanças no próprio palácio. Estas requalificações prepararam o palácio para a sua nova função de centro comercial e sede da embaixada colombiana em Portugal.

Conforme Borges (2013, p.4), o projeto previa a reabilitação do palácio, alterando as condições de utilização iniciais, sendo o objetivo proposto o de um edifício para fins de hotelaria, escritórios, comércio e estacionamento. A obra consistiu na execução de oito pisos enterrados em torno do palácio e a execução de uma nova cave e de uma galeria sobre a estrutura do palácio.

Os estudos geológicos e geotécnicos do local contribuíram para determinar uma zona geológica heterogénea, contendo seis estratos de solo. A primeira camada de aterro, a segunda de calcarenitos, outra de argilas siltosas, que por sua vez assentava sobre nova

camada de argilas siltosas com componente margosa, e, por fim, a partir dos 25m de profundidade, havia a ocorrência de um estrato oligocénico (Borges, 2013).

Diante deste diagnóstico a solução para a contenção do perímetro exterior do palácio adotou a execução de uma cortina de estacas com  $\varnothing=800\text{mm}$  afastadas 1m, as quais foram travadas por meio de vigas de cintagem em betão armado pré-esforçado, revestido posteriormente com betão projetado. Estas vigas de cintagem foram localizadas ao nível dos futuros pisos enterrados, betonadas contra o terreno e apoiadas em perfis metálicos, na sua extremidade a fim de controlar a verticalidade.

Devido à exiguidade de espaço e às características da estrutura a recalçar, a solução adotada consistiu no recurso a microestacas em aço de alta resistência, com secção em coroa circular, encabeçadas por uma grelha de vigas de betão armado pré-esforçado. Foram executadas microestacas do tipo N80  $\varnothing_{\text{ext}}127\text{mm}$  e 9mm de espessura, com 12m de comprimento total, incluindo 6m de selagem. As microestacas acomodaram uma carga axial de serviço de cerca de 600kN.

No que se refere às vigas de encabeçamento, dispostas em grelha, estas foram solidarizadas às paredes de alvenaria de pedra através de mecanismos de costura constituídos por barras tipo “Gewi”  $\varnothing32\text{mm}$  ( $f_{syd}=500\text{MPa}$ ). Pinto et al. (2002).



**Figura 55:** Vista geral da solução de reforço interior do palácio de Sotto Mayor

**Fonte:** Borges, 2013.

## CAPÍTULO 6 - CONTENÇÕES

### 6.1. Contenções

As contenções são estruturas com a função de garantir a segurança e a estabilidade nos casos em que há alteração da geometria do terreno a conter, em particular, a diminuição do peso de terreno com um carácter instabilizador. Estas estruturas reforçam parte do maciço para que o conjunto maciço/estrutura possua capacidade resistente aos esforços instabilizantes.

A escolha de uma técnica para contenção deve ser criteriosa, levando em conta alguns primordiais fatores. Segundo Almeida Barros (2005), os critérios de escolha podem ser:

- **Económicos:** que têm em conta a disponibilidade de materiais e de mão-de-obra qualificada para a construção da estrutura, tempo de execução, clima local, custo final da estrutura, entre outros;
- **Físicos:** relacionam a altura da estrutura, o espaço disponível para a sua implantação, a dificuldade de acesso, as sobrecargas, entre outros fatores;
- **Geotécnicos:** envolvem o tipo de solo a conter, a presença de lençol freático, a capacidade de carga do solo de fundação, entre outros fatores geotécnicos;

Há diversas soluções de contenção e estas, basicamente, podem ser divididas em dois grandes grupos:

- muros de suporte;
- paredes de Contenção.

### 6.2. Muros de suporte

Como já mencionado, os muros de suporte têm a função de permitir modificar a geometria do talude. Estes tipos de estruturas adaptam-se à resolução de problemas de instabilidade especialmente localizados.

Encontram-se diversos tipos de estruturas de suporte, entre elas os muros de gabiões, de betão armado, de terra armada, de revestimentos pregados, engradados, entre outros mais, conforme descrito em seguida.

### 6.2.1. Muros de gabiões

Estes muros são estruturas que permitem o suporte de terras através do próprio peso que mobiliza forças de atrito na base e momento estabilizador que se opõem às forças desestabilizadoras. Estes muros são formados por grades feitas com rede metálica geralmente hexagonal, e estas, por sua vez, são preenchidas com pedras conforme Figura 56).

Os muros de gabiões oferecem grande flexibilidade, dissipando o excesso de deformações. Além disso, estas estruturas mostram alta permeabilidade, baseado na granulometria uniforme dos blocos, facilitando a drenagem das águas de percolação evitando a acumulação de pressões intersticiais.

Segundo Costa (2004), as estruturas em gabiões já são um sistema de contenção considerado tradicional na engenharia geotécnica. Estas estruturas são extremamente vantajosas, pois possuem um conjunto de características que não existem em outros tipos de estruturas.



**Figura 56:** Muros de Gabiões

**Fonte:** Construtora Condes e Cordeiro, 2020.

### 6.2.2. Muros de terra armada

Os muros de terra armada são estruturas formadas por elementos pré-fabricados modulares que amparam as terras. O seu funcionamento assenta na mobilização do atrito entre os elementos lineares de reforço e o aterro, para que este conjunto seja suficiente para produzir um maciço armado resistente ao impulso das terras sustidas.

Os muros de terra armada normalmente são utilizados em terrenos acidentados onde parte de uma via rodoviária, por exemplo, está condicionada a estabilização de um

determinado trecho de talude. É comum também a utilização deste tipo de muro em obras fluviais e marítimas e em taludes propensos a vibrações.



**Figura 57:** Muros de terra armada

**Fonte:** Terra Armada, Brasil

### 6.2.3. Muros de betão armado

Estes muros são compostos por duas lajes de betão armado. A laje vertical é considerada encastrada na base com o extremo superior em balanço. A chamada laje horizontal apoia-se no terreno, com o objetivo estrutural de equilibrar o empulso servindo também de sapata.

Como normalmente o seu peso próprio é menor dos que o dos muros de gravidade, pode ser empregue em solos que não apresentam elevada resistência de suporte, pois o equilíbrio do sistema é gerado sobre a sapata enterrada.

A laje vertical está submetida a uma ação variável devido ao empuxo oriundo do terreno, e a laje horizontal, que é a que está apoiada no terreno, recebe a ação dos pesos próprios da laje vertical e do maciço de terra.

Há diferentes geometrias de muros de betão armado, entre elas destacam-se:

- muro de flexão;
- muro de suporte com contrafortes.

Segundo Carvalho 2010, os muros de flexão são usados quando a altura do muro permite obter deformações da sua parte superior que sejam de acordo com as exigências de projeto. A sua estabilidade é mantida pelo peso do terreno sobre a área da sapata, localizada a tardo do muro, estando a sua espessura diretamente ligada à existência ou não de impulsos da água e aos valores dos impulsos do terreno, como pode observar-se na Figura 58.



**Figura 58:** Muro de betão armado

**Fonte:** Ferreira, 2011.

Os contrafortes, conforme Figura 59, são usados quando a solução construtiva de muro em consola não é estruturalmente aceitável por conta do valor das deformações induzidas pela grande altura de escavação. Assim, os muros de contrafortes são armados em duas direções, tendo armaduras horizontais com a finalidade de limitar as deformações diferenciais e assim diminuindo a espessura necessária do muro.



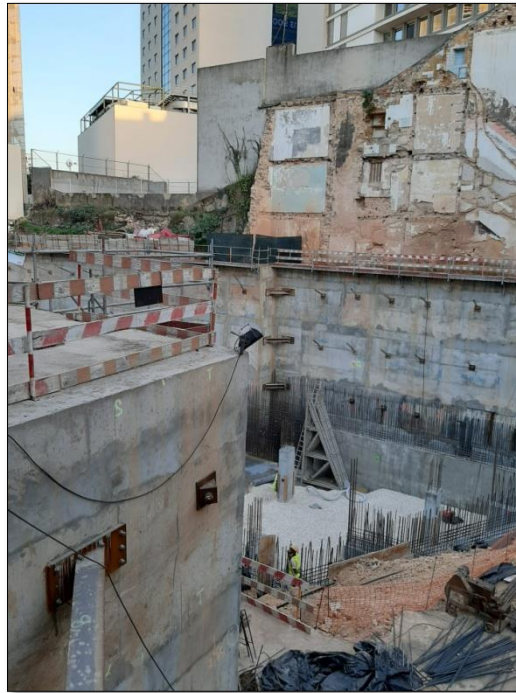
**Figura 59:** Muro de betão armado

**Fonte:** FGE Engenharia



### 6.3. Paredes de Contenção

As paredes de contenção são, geralmente, construídas quando as condições de vizinhança não permitem a escavação e o aterro do tardo, como ocorreu no estudo de caso abordado no capítulo 7 deste trabalho, e que se pode observar na Figura 60.



**Figura 60:** Paredes de contenção

**Fonte:** Autoria Própria, 2020.

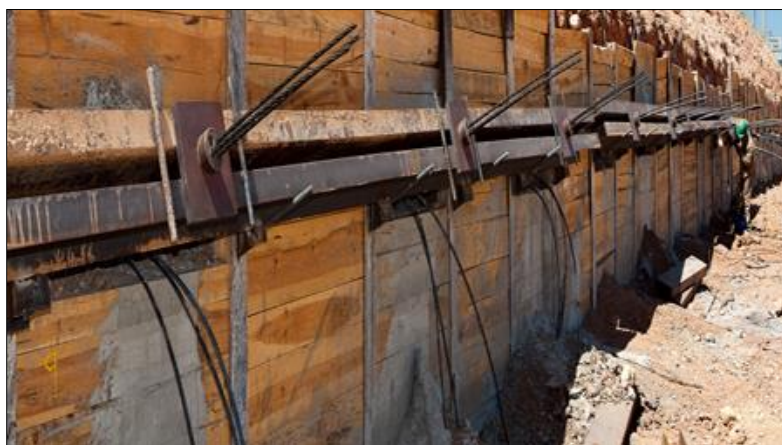
A execução de toda e qualquer obra de contenção deverá basear-se em um projeto que contemple principalmente os aspetos geotécnicos, estruturais, executivos e a especificações de materiais.

Existem diversos tipos de estruturas de contenção cuja escolha deverá apoiar-se, sempre, em uma análise técnica e económica das várias soluções existentes. No ponto seguinte apresentam-se os tipos de soluções mais frequentes na contenção de taludes, assim como as respetivas vantagens e desvantagens.

### 6.3.1. Paredes tipo Berlim e tipo Munique

Segundo Wittke (1997) as estruturas tipo Berlim tiveram sua origem na Alemanha, no último ano do século XIX na construção do Metropolitano de Berlim, tendo sido a sua utilização mais frequente no período anterior à Segunda Guerra Mundial, em particular para a continuação da construção do metropolitano.

Basicamente, essas soluções são utilizadas como contenções periféricas de edifícios ou como suporte de taludes. As paredes tipo Berlim são soluções provisórias constituídas por perfis metálicos verticais, conforme se vê na Figura 61, no qual o espaçamento é definido em função da altura, entre os quais são colocadas pranchas de madeira. O travamento é garantido através da realização de ancoragens, em geral, no centro dos painéis.



**Figura 61:** Paredes tipo Berlim

**Fonte:** INDUBEL, 2020.

As paredes de contenção tipo Munique, também chamadas, por alguns autores, de Berlim definitivo, são estruturas cujo objetivo principal é sustentar grandes volumes de terra, impedindo o seu colapso desde o início da escavação e, no caso de a sua aplicação ser feita em meio urbano, garantindo a segurança dos edifícios existentes na sua periferia.

Esta solução construtiva é atingida pela intercalação de perfis metálicos colocados na vertical, normalmente do tipo “H” ou “I”, devidamente espaçados com uma distância variável em função da altura do muro e preenchidos entre si por painéis de betão armado, reforçados pontualmente com ancoragens (Wittke, 1997). Na Tabela 1 pode observar-se as principais vantagens de cada um desses sistemas.



**Tabela 1:** Principais vantagens de Paredes tipo Berlim e Tipo Munique

|                     | Paredes tipo Berlim                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Paredes Tipo Munique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Vantagens</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A mais económica das duas soluções;</li> <li>• Proporcionam espaço de manobra e permitem grandes avanços diários em termos de área construída;</li> <li>• Permitem a realização da escavação em simultâneo com a execução da contenção;</li> <li>• Não exigem pessoal nem tecnologia muito especializada utilizando técnicas, equipamento e "know-how" correntes;</li> <li>• Permitem uma escavação rápida e execução da super-estrutura no seu interior;</li> <li>• Não exigem uma grande área de estaleiro ou acessos largos à obra.</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solução económica;</li> <li>• Por serem cofradas no seu interior, proporcionam um acabamento aceitável, para alguns tipos de ocupação dos pisos enterrados;</li> <li>• Permitem a realização da escavação em simultâneo com a execução da contenção;</li> <li>• Não exigem pessoal nem tecnologia muito especializada, utilizando técnicas, equipamento e conhecimentos correntes;</li> <li>• Não exigem uma grande área de estaleiro ou acessos largos à obra.</li> <li>• Dispensam cofragens a tardo.</li> </ul> |
| <b>Desvantagens</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentam um mau desempenho para nível freático elevado;</li> <li>• Não oferecem qualquer obstáculo à passagem da água contida no terreno a tardo;</li> <li>• Exigem terrenos com alguma consistência;</li> <li>• Causam uma descompressão do solo, originando o assentamento das fundações das construções vizinhas;</li> <li>• A eventual cravação dos perfis metálicos pode introduzir vibrações no meio circundante.</li> <li>• Requerem cuidados na colocação dos elementos de entivação e estão limitados em termos de profundidade.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentam um mau desempenho para o nível freático elevado;</li> <li>• Não garantem uma estanqueidade satisfatória a longo prazo;</li> <li>• Exigem terrenos com alguma consistência;</li> <li>• Causam uma descompressão do solo, originando o assentamento das fundações das construções vizinhas;</li> <li>• A eventual cravação dos perfis metálicos pode introduzir vibrações nas construções vizinhas;</li> <li>• Processo muito moroso e fracos rendimentos diários em termos de área da parede.</li> </ul> |

Fonte: Sousa, 2006.

### 6.3.2. Paredes moldadas

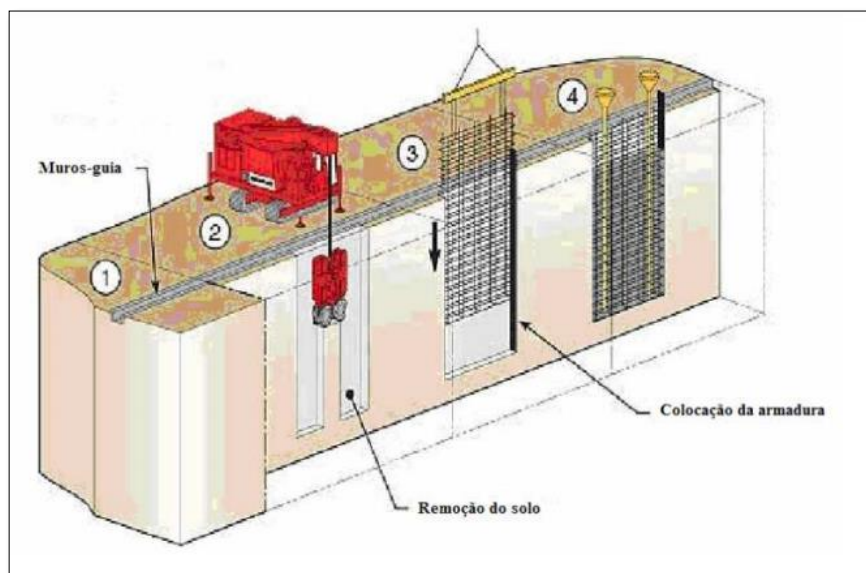
Definem-se como paredes moldadas os elementos estruturais, do tipo lajes verticais, fabricados em betão armado, construídos *in situ* através de escavação de valas (Barros, 2005).

As paredes moldadas usam uma técnica versátil que possibilita a realização de escavação em meio urbano, na proximidade de outras estruturas e de arruamentos, a instalação no terreno, prévia à execução da escavação geral pretendida, procurando perturbar o mínimo possível o meio envolvente.

Esse tipo de contenção é constituído por painéis de betão armado, recorrendo-se, para tal, ao uso de lamas bentoníticas, que são inseridas à mediada que a escavação vai avançando e depois substituídas por betão armado, sendo muitas vezes utilizado o recurso de pontos

intermédios de apoio, nomeadamente feitos por ancoragens pré-esforçadas e/ou escoramentos.

Durante a execução da escavação geral do terreno são aplicados vários níveis de escoras, com o intuito de controlar a sua deformação face aos movimentos do maciço, conforme se vê na Figura 62 (Sousa, 2006).



**Figura 62:** Exemplo de paredes moldadas

**Fonte:** Sousa, 2006.

Na tabela seguinte pode observar-se as vantagens e desvantagens do sistema.

**Tabela 2:** Vantagens e desvantagens das paredes moldadas

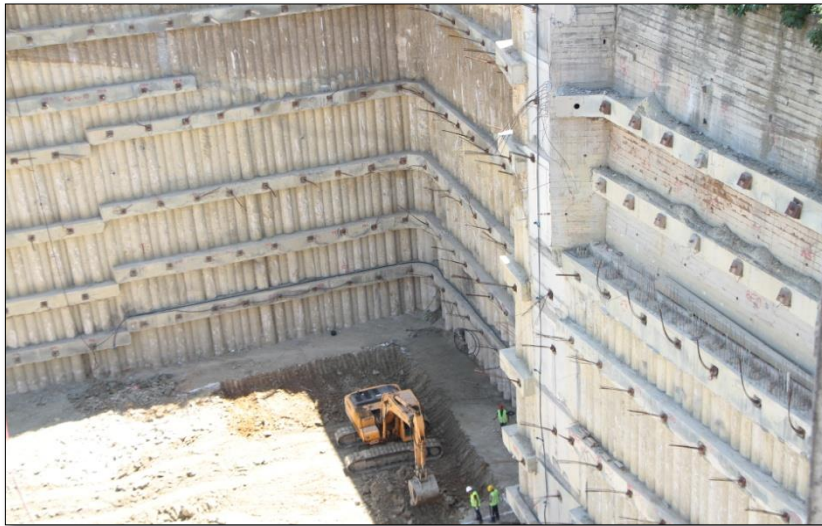
| Paredes moldadas |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vantagens        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite várias frentes de trabalho;</li> <li>• Bom comportamento sísmico;</li> <li>• Ruído e vibrações reduzidos;</li> <li>• Adapta-se a diversos tipos de terreno, mesmo com nível freático elevado;</li> <li>• Pode atingir profundidades elevadas;</li> <li>• Estanqueidade à passagem de água para o interior da zona escavada.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Desvantagens     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espessura mínima das paredes (40 cm), condicionada pelo equipamento e garantia da verticalidade, pode provocar sobredimensionamento em construções pouco profundas;</li> <li>• Exige grande espaço em estaleiro e equipamentos de grandes dimensões;</li> <li>• Exige equipamento e mão-de-obra especializados;</li> <li>• A utilização da bentonite levanta problemas ambientais;</li> <li>• O processo pode ter de ser abandonado se existirem rochas no terreno;</li> <li>• Se o firme rochoso estiver a grande profundidade e se for pretendida a garantia de impermeabilidade, esta solução pode ser antieconómica.</li> </ul> |

**Fonte:** Sousa, 2006.

### 6.3.3. Cortinas de estacas

As cortinas de estacas em betão armado são um tipo de estrutura de contenção periférica de solos onde os elementos principais são as estacas diretamente executadas no solo, mesmo antes de se realizar a escavação da cavidade. Na estabilização de taludes, o tipo de estacas mais utilizada são as estacas moldadas, enformadas pelo próprio terreno, independentemente da utilização de um tubo moldador que é utilizado quando o terreno possui pouca estabilidade.

A cortina de estacas pode ser constituída por elementos que a complementam, entre eles encontra-se as vigas de coroamento, as vigas de solidarização intermédia e as ancoragens ou escoramentos. As vigas têm como função distribuir os esforços ao longo das estacas, solidarizando-as e podem servir de apoio à aplicação das ancoragens.



**Figura 63:** Cortinas de estacas

**Fonte:** Teixeira Duarte, 2006.

Na Tabela 3 pode observar-se as vantagens e desvantagens do sistema.

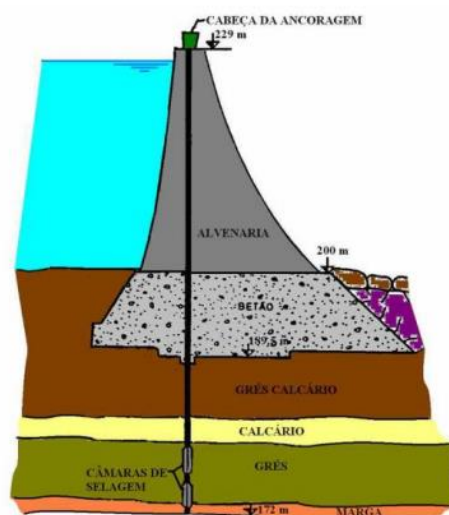
**Tabela 3:** Vantagens e desvantagens das cortinas de estacas moldadas

| Cortinas de estacas moldadas |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vantagens                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A execução não origina ruído ou vibração significativa dos solos;</li> <li>• Afectam pouco as condições iniciais do terreno;</li> <li>• A amostragem do terreno permite ter um controlo sobre as características dos solos atravessados e atingidos;</li> <li>• Podem construir-se estacas de grande diâmetro.</li> </ul>                                                                                                                                                                             |
| Desvantagens                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilitam desvios de verticalidade da armadura e arrastamentos do betão durante a presa;</li> <li>• Pode existir descompressão nos solos arenosos, localizados entre estacas;</li> <li>• Não dá completas garantias relativamente à não existência de defeitos ao longo da superfície lateral da estaca;</li> <li>• Apresentam limitações em termos de altura (até 12m de profundidade para estacas executadas com trado contínuo);</li> <li>• Exige equipamentos de grandes dimensões.</li> </ul> |

**Fonte:** Sousa, 2006.

## 6.4. Ancoragens

As primeiras aplicações de ancoragens datam do século XX, mais precisamente em 1934, como solução do reforço da barragem de Cheufra na Argélia preconizada por André Coyne (Sousa, 2006).

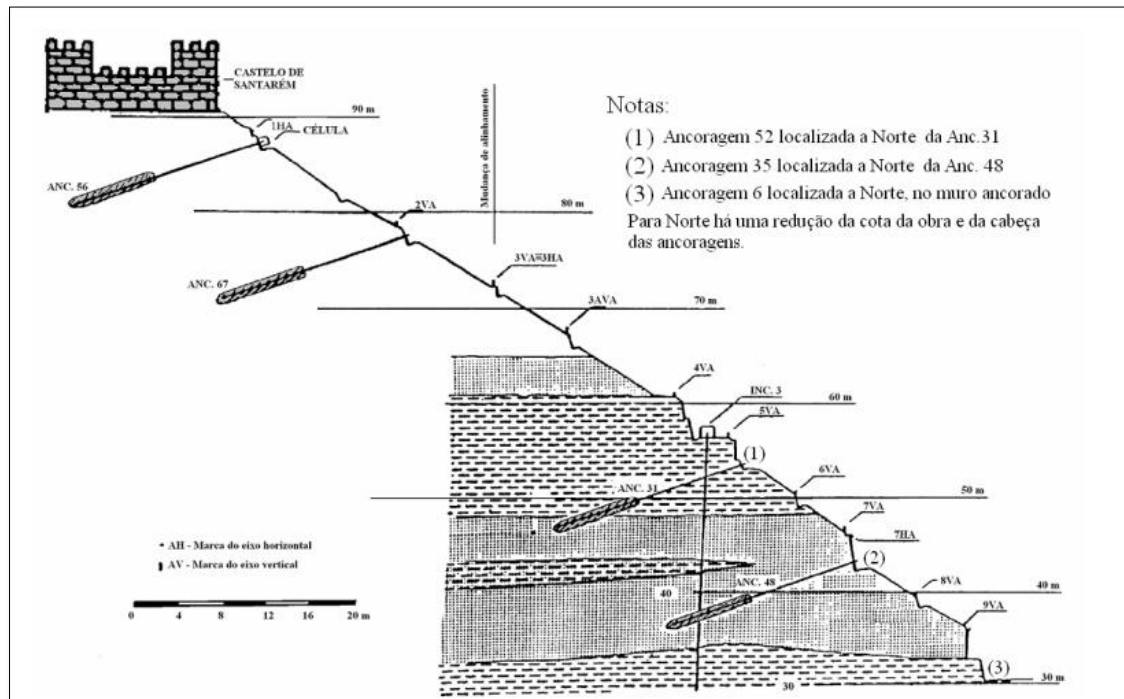
**Figura 64:** Barragem de Cheufra, na Argélia, perfil geológico e ancoragem

**Fonte:** Sousa, 2006.

Durante a década de 50 as ancoragens eram utilizadas na maioria das vezes como suporte de escavações profundas e em maciços rochosos na construção ou recuperação de

barragens. Já em Portugal, as primeiras aplicações de ancoragens em maciço rochoso surgiram também na década de 1950, durante as escavações dos aproveitamentos hidroelétricos de Picote e de Miranda.

A construção de ancoragens definitivas em solos teve início na década de 60 em Santarém, na consolidação da encosta das Portas do Sol (Figura 65).



**Figura 65:** Perfil transversal da Encosta das Portas do Sol

**Fonte:** LNEC, 1998.

Com o passar dos anos, as finalidades de aplicação das ancoragens em solo foram-se diversificando. Costa Nunes (1976) destaca a utilização de ancoragens para as seguintes finalidades:

- estabilização de escavações subterrâneas, túneis, metrô e subsolos;
- execução de estruturas de contenção para estabilização de taludes;
- reforço de estruturas de arrimo pré-existent;
- ancoragens aplicadas na construção de barragens e estruturas auxiliares;
- resistência a forças de subpressão em estruturas enterradas;
- fundações de estruturas sujeitas a esforços inclinados;
- estaiamento de coberturas sujeitas, especialmente, à ação do vento;

- fundações de obras especiais, como mastros, torres, teleféricos, etc;
- correção de deslocamentos de estruturas pré-existentes;
- execução de microestacas como reforço de fundações;
- montagem de provas de carga “in situ”

## CAPÍTULO 7 - ESTUDO DE CASO

### 7.1. Introdução

Este estudo de caso evidencia as soluções propostas para as estruturas de contenção periférica, fundações e estrutura de um empreendimento em construção em Lisboa, sito entre a Rua Prof. Sousa Câmara e a Rua Aviador Plácido Abreu, conforme se localiza na Figura 66 (antes do início das obras).



**Figura 66:** Localização do empreendimento do caso de estudo

**Fonte:** Google Maps, 2020.

São descritas não só as soluções estruturais definidas, mas também as principais condicionantes que conduziram à conceção das soluções propostas e mencionados os estudos complementares que se consideram necessários para o correto desenvolvimento de um projeto, que tem permitido o lançamento rigoroso e sem desvios de custos.

A obra em questão cumpre os condicionamentos e obrigações colocados pelo Metropolitano de Lisboa e mereceram a aprovação da mesma entidade, conforme consta nos documentos consultados. Pelas condicionantes envolvidas, que são comuns em obras de Reabilitação Urbana, foi escolhido para ser tema deste estudo de caso.

Contudo, devido a alterações de ordem arquitetónica e por indicação do Departamento de Geologia da Câmara Municipal de Lisboa, foi necessário realizar alterações ao projeto e, assim, o facultando novamente à aprovação por parte do Metropolitano de Lisboa. Além disso, também por indicação desta Câmara, acrescentou-se ao projeto a localização dos coletores/infraestruturas envolventes à contenção.



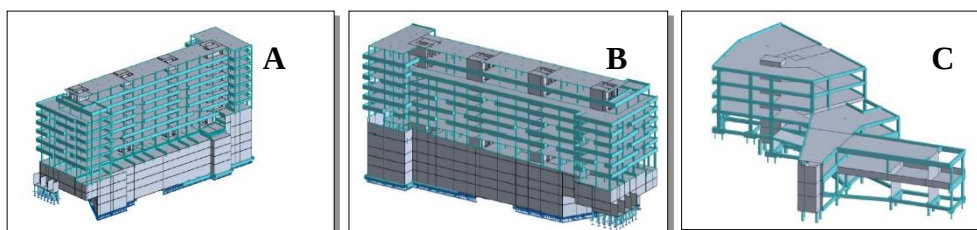
O confronto dos novos elementos com o projeto, resultou na alteração no que se refere ao comprimento de algumas ancoragens e consequente necessidade de ultrapassar os limites da empreitada para o subsolo de edifícios vizinhos da obra. Foi necessária uma cuidada análise por parte do projetista, pois teve de ser considerado o impacto de futuras construções nesses edifícios circunvizinhos, que pudessem afetar negativamente essas ancoragens e consequentemente toda a edificação.

Por fim, é importante informar que as profundidades das caixas de visita projetadas nas plantas da contenção periférica, em anexo a este trabalho, foram devidamente consultadas na "Planta Cadastral da Rede Pública de Drenagem de Águas Residuais", e estas foram fornecidas pela Direção Municipal de Projetos e Obras, nomeadamente pelo Departamento de Infraestruturas, Via Pública e Saneamento da Câmara Municipal de Lisboa. Nas referidas plantas consta a seguinte informação: "os dados relativos à rede pública de águas residuais são fornecidos sob reserva, dada a possibilidade de existência de coletores indevidamente registados ou mesmo não registados". Previamente à execução da obra, a real localização e a altimetria das infraestruturas deverão ser levantadas pela entidade executante e comunicadas à equipa projetista caso ocorram divergências.

## 7.2. Arquitetura

Prevê-se a construção de um edifício de médio porte cujo formato é do tipo retangular com aproximadamente 100mx30m, voltado para a Rua Aviador Plácido Abreu, composto por treze lajes, incluindo quatro níveis de cave.

Está sendo executado a uma cota de escavação na proximidade do nível 87 da cota de projeto. No limite Nascente, na proximidade da Avenida Conselheiro Fernando de Sousa e das edificações existentes, prevê-se a realização de um edifício de pequeno porte, com 4 lajes elevadas e cerca de 640 m<sup>2</sup> de área de implantação, sem necessidade de escavações muito significativas.



**Figura 67:** Projeto 3D dos alçados dos edifícios

**Fonte:** Saraiva e Associados, 2020.



## 7.3. Enquadramento

### 7.3.1. Confrontações

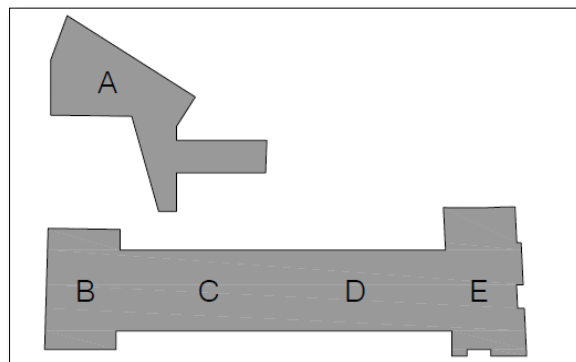
O empreendimento a construir tem as seguintes delimitações:

- a Nordeste, Avenida Conselheiro Fernando de Sousa, estabelecida, sensivelmente, à cota 103;
- a Sudeste com edificações existentes de pequeno a grande porte;
- a Sudoeste pela Rua Professor Sousa Câmara, estabelecida sensivelmente à cota 100;
- a Noroeste pela Rua Aviador Plácido Abreu, que oscila entre a cota 99.5 (no entroncamento com a Rua Professor Sousa Câmara) e a cota 104 (no entroncamento com a Avenida Conselheiro Fernando de Sousa).

### 7.3.2. Zoneamento

A zona de intervenção está dividida em 2 zonas distintas, tal como indica a Figura 68.

- **Corpo A** – Edifício com cerca de 640m<sup>2</sup> de área de implantação situado na extremidade Sul do Lote;
- **Corpos B a E** – Edifício principal.



**Figura 68:** Zonas de intervenção

**Fonte:** Saraiva e Associados, 2020.

## 7.4. Relatório Geológico-Geotécnico

A campanha de prospeção baseou-se na execução de aproximadamente dez sondagens mecânicas na sua totalidade, contando com a instalação de tubos piezométricos em duas delas, complementadas por recolhas de amostras e ensaios laboratoriais sobre as mesmas. Na figura 69, que se segue, ilustra-se uma furação a trado.



**Figura 69:** Furação a trado

**Fonte:** Relatório Geotécnico - GEOPROFIRO, 2017.

De acordo com o relatório geológico-geotécnico, a geologia local é caracterizada pela ocorrência de quatro horizontes geotécnicos, basicamente, como a seguir se descreve.

- **ZG6:** Unidade de aterro/terra vegetal e areia muito fina argilosa, num nível em que os materiais se apresentam medianamente consistentes. Neste horizonte foram realizados 10 ensaios SPT, nos quais se obteve como resultados valores de  $7 \leq \text{NSPT} \leq 15$ ;
- **ZG5:** Zona composta por areia muito fina argilosa e margas argilo-siltosas. A interseção destes materiais foi realizada com valores NSPT entre  $15 \leq \text{NSPT} \leq 28$ ;

- **ZG4:** Horizonte constituído por margas silto-argilosas e argilas margosas, nos quais se obteve como resultados valores de  $32 \leq \text{NSPT} \leq 47$ ;
- **ZG3:** Zona Geotécnica com terrenos pertencentes às unidades de margas silto argilosas, argilas margosas e margas siltosas a arenosas. Nesta zona, foram identificados materiais com  $\text{NSPS} > 60$ , ou seja, a designada “nega”, com predomínio da “nega da 1ª fase”.

No Quadro 1 são apresentados os parâmetros físicos e mecânicos que determinam a resistência e a deformabilidade dos horizontes geotécnicos interessados, definidos no relatório geológico-geotécnico.

**Quadro 1:** Parâmetros físicos e mecânicos – Deformidade dos horizontes **geotécnicos**

| Zonas Geotécnicas | $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $c'$ (kPa) | $\phi$ (°) | E (MPa) |
|-------------------|--------------------------------|------------|------------|---------|
| ZG6               | 16 a 18                        | 10 a 15    | 26 a 28    | <10     |
| ZG5               | 16 a 19                        | 20 a 30    | 28 a 32    | 10 a 20 |
| ZG3               | 16 a 19                        | 60 a 80    | 36 a 38    | 30 a 40 |

**Fonte:** Relatório Geotécnico - GEOPROFIRO, 2017.

Tendo em conta à expressão relativa de cada zona geotécnica e à experiência da empresa de geotecnia em obras de escavação/contenção em ambientes geológicos-geotécnicos comparáveis, os parâmetros geomecânicos considerados no projeto de contenção periférica, que traduzem um cenário representativo e conservativo das condições locais, são apresentados no Quadro 2, que se segue (profundidade referenciada à cota atual do terreno).

**Quadro 2:** Parâmetros geomecânicos – Projeto de contenção periférica

| Profundidade | $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $c'$ (kPa) | $\phi$ (°) |
|--------------|--------------------------------|------------|------------|
| 0 – 2 metros | 18                             | 0          | 27         |
| 2 – 6 metros | 19                             | 0          | 31         |
| > 6 metros   | 21                             | 30         | 38         |

**Fonte:** Relatório Geotécnico - GEOPROFIRO, 2017.

## 7.5. Trabalhos Iniciais

Antecipadamente ao início dos trabalhos de construção, foram feitos trabalhos de demolição das construções existentes, fazendo uso de meios manuais e mecânicos, nomeadamente máquina hidráulica, de acordo com o projeto de demolições. Na figura 70 pode ver-se uma imagem correspondente à fase de demolição.



**Figura 70:** Fase de demolição

**Fonte:** Autoria própria

Previamente ao início das demolições foram recolhidos os cadastros das diferentes redes (águas, luz, esgoto, gás, telecomunicações). A empresa executante dos trabalhos organizou reuniões com as respetivas concessionárias (EDP, EPAL, LisboaGás, Telecom, Vodafone, Nos, Exército, DMM e Colt), para que fossem conjuntamente identificados todos os possíveis intervenientes na empreitada, nomeadamente na fase de demolições. Além disso, foi identificado um cabo de média tensão no interior do lote, sendo este logo desativado pela entidade competente.

Em relação aos edifícios adjacentes, existe apenas um que careceu de maior atenção por se tratar de um edifício que tinha um dos alçados ligados a uma das estruturas a demolir. Nesta zona, a maior parte da demolição foi executada de forma cuidada e manual, em especial na zona da cobertura, com recurso a andaime e plataforma para não danificar a estrutura do prédio vizinho.

Antes de se iniciar os trabalhos de demolições foi delimitada toda a área circundante da estrutura a demolir e selecionado um local adequado para a colocação dos resíduos, tudo isso, como já informado, garantindo a inoperacionalidade de todas as redes de infraestruturas.

Todas as demolições foram realizadas com acompanhamento técnico credenciado e tendo as seguintes normas abaixo como base:

- Norma Portuguesa 2074 (Avaliação da influência em construções de vibrações). Norma Portuguesa NP 2074 2015: avaliação da influência de vibrações impulsivas em estruturas / Instituto Português da Qualidade.
- Regime geral de gestão de resíduos (RGGR) – Decreto de lei 178/2006.
- Código de contratos Públicos (CCP).

## **7.6. Dimensionamento Estrutural**

### **7.6.1. Critérios de Segurança e Ações Envolventes**

O dimensionamento e verificação de segurança foram realizados com base nas normas Portuguesas de referência, assim como nas principais normas Europeias, todas descritas a seguir:

- Eurocódigo 2 – Projetos de Estruturas de Betão
- Eurocódigo 3 – Projetos de Estruturas de Aço
- Eurocódigo 4 – Projetos de Estruturas Mistas Aço-Betão
- Eurocódigo 5 – Projetos de Estruturas em Madeira;
- Eurocódigo 7 – Projeto Geotécnico. Parte 1 – Regras Gerais;
- RSA - Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (Decreto-Lei nº 235/85, de 31 de maio);
- REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (Decreto-Lei nº 349-C/83, de 30 de julho);
- REAE – Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios (Decreto-Lei nº 211/86, de 31 de julho);
- CEB-FIP – Model Code 1990, do Comité Euro-International du Beton;
- “Règles Techniques de Conception et de Calcul des Fondations des Ouvrages de Génie Civil. Fascicule nº 62 – Titre V du C.C.T.G., Ministère de l’Équipement, du Logement et des Transports;
- “Proposta de Normas a que devem obedecer os projetos de escavação e contenção periférica (PECP)”, documento destinado às Câmaras Municipais e que foi elaborado pela Ordem dos Engenheiros.

- EN 1537 – “Execution of special geotechnical work – ground anchors”. CEN/TC288 N115E. 1996;
- Norma NP EN 206-1 – “Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade” / NP EN 13670-1 - “Execução de estruturas de betão” - Decreto-Lei n.º 301/2007, de 23 de Agosto de 2007;
- Especificação L.N.E.C. E464 – 2007 – “Betões. Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 e de 100 anos face às ações ambientais;
- Bustamante, M. e Doix, B. (1985). “Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés». Bulletin Liaison Lab. Ponts et Chaussées, 140 Nov. Dec.

## 7.7. Ações

### 7.7.1. Peso próprio dos elementos estruturais

- Betão armado: 25 kN/m<sup>3</sup>;
- Aço: 77 kN/m<sup>3</sup>;

### 7.7.2. Restante carga permanente

#### 7.7.2.1. Zona 1 – Corpo A

##### Residências 4.00 kN/m<sup>2</sup>

- Divisórias em tijolo 1.80 kN/m<sup>2</sup>
- Enchimentos (0.1 m x 20 kN/m<sup>3</sup>) 2.00 kN/m<sup>2</sup>
- Equipamentos suspensos 0.20 kN/m<sup>2</sup>

##### Área de circulação 2.50 kN/m<sup>2</sup>

- Argamassa (0.1 m x 20 kN/m<sup>3</sup>) 2.00 kN/m<sup>2</sup>
- Equipamentos suspensos 0.50 kN/m<sup>2</sup>

##### Cobertura 3.00 kN/m<sup>2</sup>

- Camada de forma (0.18 m x 6.00 kN/m<sup>3</sup>) 1.08 kN/m<sup>2</sup>
- Acabamento (0.07 m x 20.00 kN/m<sup>3</sup>) 1.40 kN/m<sup>2</sup>

- Equipamentos suspensos 0.52 kN/m<sup>2</sup>

**Fachada Opaca 8.40 kN/m**

- Parede (2.80 kN/m<sup>2</sup> x 3 m) 8.40 kN/m

**Fachada envidraçada 4.30 kN/m**

- Parede (2.80 kN/m<sup>2</sup> x 1.00 m) 2.80 kN/m
- Envidraçado (0.5 kN/m<sup>2</sup> x 3 m) 1.50 kN/m

**7.7.2.2. Zona 2 – Corpos B a E**

**Estacionamento 1.00 kN/m<sup>2</sup>**

- Revestimentos 0.50 kN/m<sup>2</sup>
- Equipamentos suspensos 0.50 kN/m<sup>2</sup>

**Lojas 5.50 kN/m<sup>2</sup>**

- Divisórias 3.28 kN/m<sup>2</sup>
- Argamassa (0.1 m x 20 kN/m<sup>3</sup>) 2.00 kN/m<sup>2</sup>
- Equipamentos suspensos 0.22 kN/m<sup>2</sup>

**Residências 4.00 kN/m<sup>2</sup>**

- Divisórias 1.80 kN/m<sup>2</sup>
- Enchimentos (0.1 m x 20 kN/m<sup>3</sup>) 2.00 kN/m<sup>2</sup>
- Equipamentos suspensos 0.20 kN/m<sup>2</sup>

**Circulação núcleos 2,50 kN/m<sup>2</sup>**

- Enchimentos (0.1 m x 20 kN/m<sup>3</sup>) 2.00 kN/m<sup>2</sup>
- Equipamentos suspensos 0.50 kN/m<sup>2</sup>

**Piso 0 - exterior 21.50 kN/m<sup>2</sup>**

- Solo (1.17 m x 18.00 kN/m<sup>3</sup>) 21.00 kN/m<sup>2</sup>
- Equipamentos suspensos 0.50 kN/m<sup>2</sup>

**Varandas 2.50 kN/m<sup>2</sup>**

- Revestimentos 0.30 kN/m<sup>2</sup>
- Enchimento (0.09 m x 20 kN/m<sup>3</sup>) 1.80 kN/m<sup>2</sup>
- Equipamentos suspensos 0.40 kN/m<sup>2</sup>

**Fachada Opaca 7.34 kN/m**

- Parede (2.80 kN/m<sup>2</sup> x 2.62 m) 7.34 kN/m

**Fachada envidraçada 3.61 kN/m**

- Parede (2.80 kN/m<sup>2</sup> x 1.00 m) 2.80 kN/m
- Envidraçado (0.5 kN/m<sup>2</sup> x 1.62 m) 0.81 kN/m

**7.7.3. Sobrecargas**

**7.7.3.1. Zona 1 – Corpo A**

- Residência 2.00 kN/m<sup>2</sup>
- Área de circulação 5.00 kN/m<sup>2</sup>
- Piscina 11.00 kN/m<sup>2</sup>
- Cobertura 3.00 kN/m<sup>2</sup>

**7.7.3.2. Zona 2 – Corpos B a E**

- Estacionamento 2.50 kN/m<sup>2</sup>
- Área de circulação 5.00 kN/m<sup>2</sup>
- Lojas 4.00 kN/m<sup>2</sup>
- Residência 2.00 kN/m<sup>2</sup>
- Varanda Residência 5.00 kN/m<sup>2</sup>
- Piscina 11.00 kN/m<sup>2</sup>
- Cobertura 0.40 kN/m<sup>2</sup>



## 7.8. Parâmetros de Dimensionamento

O dimensionamento e a pormenorização foram feitos dentro dos seguintes parâmetros:

### Recobrimento das armaduras:

- Estacas:  $R_{\text{nominal}} = 75 \text{ mm}$ ;
- Elementos em contacto com terras:  $R_{\text{min}} = 40 \text{ mm}$ ;  $R_{\text{nominal}} = 50 \text{ mm}$ ;
- Elementos laminares (lajes, paredes e vigas-parede):  $R_{\text{min}} = 25 \text{ mm}$ ;  $R_{\text{nominal}} = 35 \text{ mm}$ ;
- Piscinas e reservatórios:  $R_{\text{min}} = 35 \text{ mm}$ ;  $R_{\text{nominal}} = 45 \text{ mm}$ ;
- Restantes elementos estruturais:  $R_{\text{min}} = 35 \text{ mm}$ ;  $R_{\text{nominal}} = 45 \text{ mm}$ ;

### 7.8.1. Modelos de análise estrutural

Os projetistas utilizaram para cálculo de todos os esforços, tensões e deformações no edifício o programa de cálculo estrutural da empresa *Autodesk* chamado *Robot Structural Analysis Professional 2019*. Este programa desenvolve-se em ambiente CAD, fornecendo resultados através de listagem numérica bem como via gráfica.

Além disso, os esforços, tensões e deslocamentos são calculados para as combinações mais desfavoráveis das ações sobre o edifício. Vale também salientar que os modelos matemáticos apresentados utilizados pelos projetistas têm as seguintes características:

- a) Modelos do tipo tridimensionais de elementos finitos de barra e casca;
- b) As estruturas foram dimensionadas tendo por base a interação solo-estrutura. Em particular para os edifícios com fundações indiretas, os apoios refletem a deformabilidade da fundação permitindo avaliar a sua influência na resposta global da estrutura;
- c) Para efeito das análises sísmicas, a rigidez de flexão e de esforço transversal dos elementos estruturais de betão armado é considerada tendo em conta o efeito da fendilhação. A rigidez dos elementos fendilhados foi tomada como metade da correspondente rigidez em estado não fendilhado;

Cumprem-se os critérios preconizados na NP EN 1998-1, nomeadamente no que diz respeito ao número de modos de vibração considerados. Foram também contabilizadas as respostas de todos os modos de vibração que contribuam significativamente para a resposta global das estruturas.

### 7.8.2. Fases Construtivas

O faseamento construtivo seguirá os passos associados à execução de um muro berlinense, que se enumeram de seguida:

**1ª** – A primeira fase da obra engloba o total levantamento dos serviços enterrados, com recurso a sondagens, até os existentes no local da obra, bem como a análise das cotas de fundação dos edifícios circunvizinhos, que não poderão sofrer dano;

Nesta fase houve também a recolha de cadastros, inspeção visual e recurso a poços de inspeção, nas zonas onde houve necessidade, fazendo-se um levantamento rigoroso e as adaptações necessárias a fim de evitar interferências com a escavação, com as microestacas e com as ancoragens;

**2ª** - Na segunda fase foi realizada a vedação de toda obra (Figura 71).



**Figura 71:** Vedação da obra

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

**3ª**- Instalação e início dos dispositivos previstos para monitorização da obra de contenção e da sua envolvente. Na Figura 72 pode observar-se esta fase.



**Figura 72:** Vedação da obra

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

4ª – Nesta fase foi feita a preparação da plataforma de trabalho, com adequadas condições de segurança e estabilidade para a circulação de equipamento de médio porte, incluindo a colocação dos contentores, como se pode ver na imagem da Figura 73;



**Figura 73:** Preparação da plataforma de trabalho

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

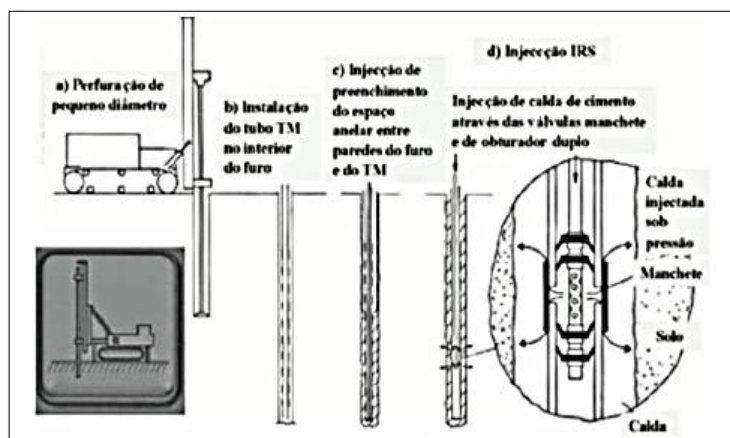
5ª- Na quinta fase, iniciou-se a construção de microestacas, nomeadamente a furação vertical ( $\varnothing 200$ ), colocação e selagem, de modo alternado, das microestacas  $\varnothing 139.7 \times 11$  e  $\varnothing 114.3 \times 9$  (N80), ao eixo do muro periférico. Estas possuem um comprimento de selagem suficiente para que ocorra a transmissão ao terreno das solicitações advindas do impulso de terras, do peso próprio do muro e também das ancoragens, Figura 74.



**Figura 74:** Construção de microestacas

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

A selagem foi executada com calda de cimento, cujas características são apropriadas ao projeto. Além disso, a injeção foi executada com recurso ao sistema de injeção repetitiva e seletiva (I.R.S.), para isso utilizando o obturador duplo, como se pode perceber na Figura 75.



**Figura 75:** Utilização de obturador duplo

**Fonte:** Pinto, 2006.

**6ª-** Após a execução das microestacas, deu-se a execução da viga de coroamento, tendo a devida atenção na hora de incorporar na betonagem as armaduras de espera, e esta devidamente protegida em uma caixa de areia.

Uma outra questão importante é que esta foi cofrada apenas na zona da face do intradorso, sendo que está betonada contra o terreno conforme orientação de projeto, de modo a solidarizar/compatibilizar as microestacas e a absorver pequenos movimentos do terreno, Figura 76.



**Figura 76:** Cofragem na zona da face do intradorso

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

7ª- A etapa seguinte é a escavação alternada dos painéis, com o intuito de permitir a execução dos painéis primários. Esse serviço foi realizado utilizando máquinas tipo giratória e martelos pneumáticos, tendo todas as vibrações produzidas monitorizadas de forma a não afetar as construções vizinhas, enquanto o serviço era executado de forma segura e segundo as especificações da Norma Portuguesa 2074 (Avaliação da influência em construções de vibrações).

Nas zonas onde era necessário uma menor perturbação vibratória, e onde o maciço se apresentou muito rijo e pouco fraturado, ocorreu o desmonte por corte de blocos com fio diamantado ou com recurso a pré-furos e aplicação de argamassas expansivas, reduzindo-se assim o nível de ruído, pó e vibrações, diminuindo a ação desagregadora e potenciadora do desprendimento de pedras ou blocos.





**Figura 77:** Escavação alternada dos painéis

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

**8ª-** Na oitava fase, deu-se a execução, de modo descendente, ou seja, do primeiro nível da parede de contenção em betão armado, constituída por painéis ancorados. Foram inicialmente realizados os painéis primários.

Cada um desses painéis foi executado a partir de uma escavação localizada, e sequencialmente colocaram-se as armaduras, a cofragem de intradorso e, por fim, a betonagem, deixando-se negativos para a realização das ancoragens, Figura 78, (novamente deverão ser incorporadas armaduras de espera laterais e inferiores, sendo estas últimas protegidas numa caixa de solo ou areia). O espaço de tempo que medeia entre a escavação e a betonagem de um painel não foi superior a 10 horas.



**Figura 78:** Negativos para a realização das ancoragens

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

**9ª** - Após o mínimo período de espera para endurecimento do betão, de imediato foi executada a ancoragem, previamente à abertura de novos painéis. A selagem das ancoragens foi devidamente realizada com calda de cimento de características normativas, nomeadamente o sistema de injeção I.R.S.

**10ª**- Após o betão ter atingido adequada capacidade resistente (20 MPa), deu-se a realização do tensionamento das ancoragens, acompanhada da realização de ensaios de receção (Figura 79).



**Figura 79:** Realização de ensaios de receção

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

**11ª**- Repetição dos pontos anteriores para os painéis secundários e terciários, tratando-se convenientemente as juntas de betonagem dos painéis (picagem e saneamento dos painéis, seguida de humedecimento das faces). Na Figura 80 pode ver-se uma imagem do muro com os painéis já betonados e ancorados.



**Figura 80:** Muro com os painéis betonados e ancorados

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

**12ª**- Nesta etapa foi realizada o restante troço do muro de contenção, replicando-se os pontos anteriores para os restantes níveis de ancoragens até à cota de fundo de escavação, por painéis alternados, Figura 81.



**Figura 81:** Troço do muro de contenção

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

**13ª-** A abertura do caboco fez-se nessa etapa, conjuntamente com a execução da sapata da parede de contenção (onde aplicável) por troços correspondentes à largura dos painéis, Figura 82.



**Figura 82:** Abertura do caboco

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

**14ª-** Por fim, nessa parte dá-se a execução das restantes fundações do edifício, do sistema de drenagem interior, superestrutura e lajes, Figura 83.





**Figura 83:** Execução das restantes fundações do edifício, do sistema de drenagem interior, superestrutura e lajes

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

**15ª-** Finalizando os serviços nas fundações com a desativação das ancoragens e selagem dos negativos com argamassa de alta resistência de retração compensada. (Etapa ainda a ser executada)

- **NOTA 1:** Realização de ensaios de receção em todas as ancoragens, de modo a comprovar a sua eficácia para as cargas de dimensionamento. Todos os ensaios de receção respeitam o disposto na EN 1537;
- **NOTA 2:** Em simultâneo com o decorrer da obra foi realizado o acompanhamento do programa de instrumentação/monitorização indicado;
- **NOTA 3:** No projeto refere-se que as operações descritas são indicativas, pelo que o faseamento da execução deverá ser ajustado face aos dados geológico-geotécnicos recolhidos durante os trabalhos de escavação e furação, onde tem se garantido a segurança das estruturas existentes (em particular dos arruamentos,

infraestruturas e edifícios) e dos meios humanos, sendo imprescindível a confirmação contínua em obra da adequabilidade do presente projeto.

## 8. Dimensionamento da Contenção Periférica

### 8.1. Impulsos – Pressão sobre as Paredes

O estabelecimento dos diagramas de impulsos que atuam nas cortinas é muito complexo, tendo em conta que esses diagramas dependem de diversos fatores relacionados com o próprio processo construtivo, entre eles:

- a sequência e rapidez com que se executa a escavação;
- a altura escavada, abaixo de cada nível de elementos de suporte, antes da sua instalação;
- o período de tempo entre o período que se escava e aquele em que se coloca o suporte;
- a uniformidade do pré-esforço.

Os impulsos adotados foram dimensionados pelos projetistas através de diagramas de acordo com as envolventes de Terzaghi e Peck. Estes impulsos referem-se às envolventes de esforço que se exercem nos elementos correspondentes aos pontos de apoio da contenção (ancoragens), durante as sucessivas fases de execução e não definem impulsos reais, mas sim os equivalentes de cálculo.

A situação descrita descreve um problema de interação solo-estrutura que depende, basicamente, dos valores de pré-esforço adotados.

Como já foi referido, as pressões sobre a parede, devidas ao terreno, foram calculadas através dos diagramas aparentes envolventes de Terzaghi e Peck retangulares, entendidos como conservativos para a presente análise. Com base nestes diagramas, o valor da tensão horizontal sobre a parede é dado pela seguinte expressão:

$$\sigma_h = 0,65 \times K_a \times \gamma \times H - 2 \times c \times \sqrt{K_a}$$

**Ka:** coeficiente de impulso ativo;

**c:** coesão;

**γ:** peso volúmico do solo;

**H:** a altura total da parede onde está aplicada a pressão.

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi'}{1 + \sin\phi'}$$

**Nota:** As pressões sobre a parede, devidas à sobrecarga, foram igualmente calculadas pelos diagramas aparentes envolventes de Terzaghi e Peck retangulares. Com base nestes diagramas o valor da tensão horizontal sobre a parede é dado pela seguinte equação:

$$\sigma_{hs} = 1,3 \times K_a \times S$$

Onde:

**S:** valor da sobrecarga.

## 9. Dimensionamento das Ancoragens

### 9.1. Dimensionamento Externo

A força que a ancoragem tem que resistir é calculada através da fórmula abaixo. Além disso, foi adotado um pré-esforço útil usado nas ancoragens ( $P_{\text{útil}}$ ), a instalar nas ancoragens de cada nível no valor de 550kN e 600kN.

$$F_a = \frac{\sigma_h \text{ TOTAL} \times e}{n \times \cos\alpha}$$

Onde:

**$\sigma_{h\text{total}}$ :** resultante horizontal dos impulsos gerados pelo terreno, possuindo uma grandeza de valor bem relevante;

**e:** espaçamento médio em planta entre as ancoragens;

**n:** número de níveis de ancoragens;

**$\alpha$ :** inclinação mais desfavorável das ancoragens.

## 9.2. Dimensionamento Interno

O número de cordões dos cabos de pré-esforço  $n$ , foi estimado por meio da expressão a seguir apresentada e isso considerando um coeficiente de segurança de 1,35.

$$n \geq \left( \frac{P_{\text{útil}} \times 1,35}{N_{\text{ed, cordão}}} \right)$$

Onde:

$P_{\text{útil}}$ : valor do pré-esforço útil adotado;

$N_{\text{rk, cordão}}$ : valor característico da resistência à tração em estado limite último de um cordão.

Foi considerando a utilização de cordões de pré-esforço com 0,6'' de diâmetro nominal ( $A=140\text{mm}^2$ ) e um aço de pré-esforço  $f_{\text{puk}}=1860\text{MPa}/f_{\text{p0,1k}}=1680\text{MPa}$ , o valor característico da resistência à tração em estado limite último de um cordão é dado por:

$$N_{\text{rk, cordão}} = f_{\text{puk}} \times A_{\text{cordão}}$$

O valor de cálculo da resistência à tração em estado limite último de um cordão é dado pela seguinte expressão:

$$N_{\text{ed, cordão}} = \frac{N_{\text{rk, cordão}}}{1,35}$$

A tração admissível,  $T_a$  é calculada pela fórmula:

$$T_a = N_{\text{ed, cordão}} \cdot n_{\text{cordão}}$$

**P<sub>blocagem</sub>**: força de blocagem, corresponde à força de tensionamento das ancoragens tendo em conta as perdas de pré-esforço por relaxação dos cordões e vale  $1,1 \times P_{\text{útil}}$ .

A seguinte expressão deve ser verificada para garantir a segurança das ancoragens:

$$T_a \geq P_{\text{útil}}$$

De acordo com a BS EN 1537-2000, para que haja segurança, devem ainda ser verificadas as inequações:

$$1,35 \cdot P_{\text{útil}} \leq 0,65 \times n \times A_{\text{cordão}} \times f_{\text{puk}} \quad P_{\text{blocagem}} \leq 0,6 \times n \times A_{\text{cordão}} \times f_{\text{puk}}$$

Nas tabelas seguintes observa-se a segurança das ancoragens de 550kN e 600kN com 5 cordões de pré-esforço:

**Tabela 4:** Segurança das ancoragens

| P <sub>útil</sub><br>P<br>[kN] | P <sub>blocagem</sub><br>P <sub>0</sub><br>[kN] | P <sub>útil</sub> x<br>1,35<br>P <sub>d</sub><br>[kN] | f <sub>tk</sub><br>[MPa] | Nº de<br>cordões | A <sub>p</sub> (cordões 0,6)<br>[cm <sup>2</sup> /cordão] | [cm <sup>2</sup> ] | Resistência<br>Característica<br>R <sub>tk</sub><br>[kN] | Resistência de<br>Cálculo<br>R <sub>td</sub><br>[kN] | Rácios                           |                                       |                                       |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                                |                                                 |                                                       |                          |                  |                                                           |                    |                                                          |                                                      | P <sub>d</sub> / R <sub>td</sub> | P <sub>0</sub> / 0,60xR <sub>tk</sub> | P <sub>u</sub> / 0,65xR <sub>tk</sub> |
| 550                            | 600                                             | 743                                                   | 1860                     | 5                | 1,40                                                      | 7,00               | 1302                                                     | 964                                                  | 0,77                             | 0,77                                  | 0,65                                  |
| 600                            | 650                                             | 810                                                   | 1860                     | 5                | 1,40                                                      | 7,00               | 1302                                                     | 964                                                  | 0,84                             | 0,83                                  | 0,71                                  |

**Fonte:** Pinto, 2006.

### 9.3. Dimensionamento Geotécnico

O comprimento do bolbo de selagem das ancoragens foi estimado por meio de um método expedito, proposto por Bustamante e Doix, método este muito aplicado a nível internacional.

$$\frac{L_{\text{SMIN}} \times \pi \times D_s \times q_s}{0.85} \geq N \times FS$$

**Onde:**

**P<sub>útil</sub>**: valor do pré-esforço útil usado nas ancoragens;

**F<sub>s</sub>**: fator de segurança igual a 1,8, por se tratar de ancoragens provisórias;

**D<sub>s</sub>**: diâmetro médio do bolbo de selagem, obtido através do produto do diâmetro de furação;

**D<sub>r</sub>**: coeficiente de expansão do bolbo, neste caso igual a 152mm, em função do sistema de injeção empregue e do material em que o bolbo é materializado;

**q<sub>s</sub>**: resistência ao cisalhamento;

**L<sub>SMIN</sub>**: comprimento de selagem

**N**: esforço axial

Após estudos da equipa de projeto, chegou-se à conclusão de que um comprimento de selagem com 6 metros seria suficiente para sustentar os esforços de projeto. Por isso, os projetistas entenderam ser mais correto que as ancoragens de 600 kN tivessem 8 metros de selagem, valores esses, a confirmar com as condições reais geológico-geotécnicas.

Contudo, mesmo as ancoragens de 550 kN na maioria com 6 metros de selagem aproximadamente, admitindo uma eventual descompressão dos estratos competentes a níveis mais a superfície, considerou-se 7 e 8 metros de selagem para as ancoragens do primeiro nível.

## 10. Dimensionamento das Microestacas

### 10.1. Dimensionamento estrutural

As microestacas calculadas para a estrutura (Ø114,3x9,0 e Ø139,7x11) foram usadas unicamente para suportar as ações verticais devidas ao peso próprio da parede e a componente vertical das ancoragens, na fase provisória da escavação. Nas folhas de cálculo em anexo apresenta-se a justificação da capacidade resistente das microestacas à compressão simples e à compressão com encurvadura.

## 10.2. Dimensionamento geotécnico

Os perfis metálicos foram dimensionados para transmitir ao terreno, por atrito lateral, os esforços advindos das ações descritas no parágrafo acima. Este atrito é mobilizado ao longo do fuste injetado do perfil, podendo, em consequência, o comprimento mínimo de selagem,  $L_{s,min.}$ , ser estimado através da seguinte equação:

$$L_{s,min} = \frac{N_k \times F_s}{\pi \times D_s \times q_s}$$

**Onde:**

**$N_k$ :** neste caso, o valor do esforço axial nos perfis para a combinação rara das ações, após betonagem do último troço;

**$F_s$ :** fator de segurança tomado, neste caso, igual a 1,8;

**$D_s$ :** o diâmetro do furo, adotado a 200mm;

**$q_s$ :** resistência ao cisalhamento.

Por se admitir um NSPT (mínimo de 60 pancadas), foi considerando para a zona de selagem das microestacas,  $\phi=1,2$ ,  $q_s = 400\text{kPa}$ , e uma resistência de ponta igual a 15% da capacidade resistente total do bolbo de selagem e comprimentos de selagem de cálculo de 2,5, 3,0 e 4,5 metros para as microestacas  $\phi 114,3 \times 9,0$  e de 3,0 e 7,0 metros para as microestacas  $\phi 139,7 \times 11,0$ , tem-se:

**Nota:** Os comprimentos de selagem apresentados nas peças desenhadas poderão ser superiores aos de cálculo (aqui apresentados). Essa diferença diz respeito ao valor de sobrecavação que foi necessário para executar em obra de modo a materializar a sapata da estrutura definitiva, a qual foi obrigatoriamente executada por troços alternados, levando em conta a metodologia do Muro de Berlim sobrejacente.

$$\text{Microestacas } \phi 114,3 \times 9,0 \text{ com 2,5 metros de selagem: } \frac{\pi \times 1,2 \times 0,200 \times 400 \times 2,50}{0,85} = 887\text{kN}$$

$$\text{Microestacas } \phi 114,3 \times 9,0 \text{ com 3,5 metros de selagem: } \frac{\pi \times 1,2 \times 0,200 \times 400 \times 3,50}{0,85} = 1241\text{kN}$$

$$\text{Microestacas } \phi 114,3 \times 9,0 \text{ com 4,5 metros de selagem: } \frac{\pi \times 1,2 \times 0,200 \times 400 \times 4,50}{0,85} = 1596\text{kN}$$

$$\text{Microestacas } \phi 139,7 \times 11,0 \text{ com 3,0 metros de selagem: } \frac{\pi \times 1,2 \times 0,200 \times 400 \times 3,00}{0,85} = 1064\text{kN}$$

$$\text{Microestacas } \phi 139,7 \times 11,0 \text{ com 7,0 metros de selagem: } \frac{\pi \times 1,2 \times 0,200 \times 400 \times 7,00}{0,85} = 2483\text{kN}$$

## **11. Dimensionamento das Armaduras do Muro de Berlim**

No dimensionamento das armaduras do muro de Berlim fez-se a distinção entre as fases provisória e também a definitiva da obra conforme é descrito abaixo:

### **1. Fase provisória**

Essa fase correspondeu ao tensionamento das ancoragens, condicionada, basicamente pelo dimensionamento da armadura do lado das terras, uma vez que provoca flexão do painel com trações nas fibras da face de tardoz.

Esta fase implicou ainda a necessidade de dimensionamento de armadura de punçoamento na zona da ancoragem;

### **2. Fase definitiva**

A fase definitiva é àquela em que as ancoragens serão efetivamente desativadas, passando assim os impulsos de terras a serem absorvidos pelo muro que os transmite às lajes de piso/fundações, ou seja, o muro acaba, de certa forma, fazendo a função de uma laje na vertical apoiado na superestrutura. Contudo, apenas de E a L e de D a O o muro de Berlim funciona como estrutura definitiva.

A fase definitiva, até ao momento da conclusão deste trabalho ainda não havia sido colocada em prática e os pormenores deste encontram-se nos anexos deste projeto.

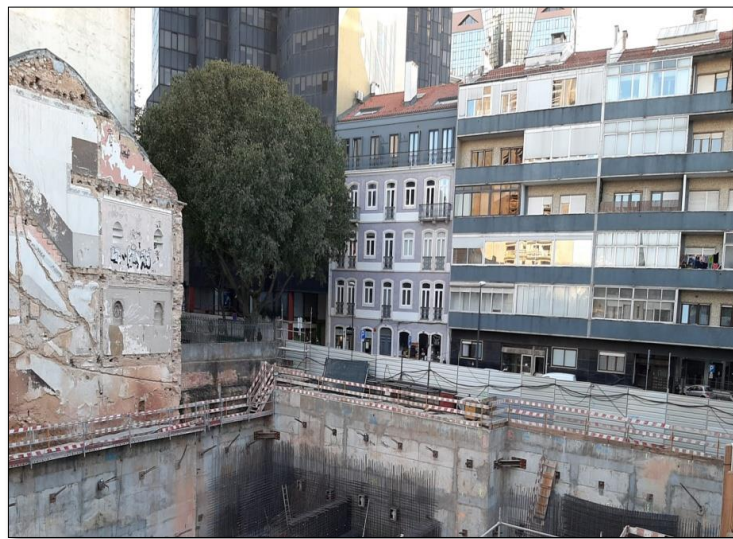
## **12. Monitorização e Instrumentação**

Tendo em conta à especificidade da obra e as diversas condicionantes nela envolvidas, relacionadas com a segurança da obra e de toda a sua envolvente, foi necessário um plano de observação, com o intuito de monitorizar o comportamento e estabilidade da obra de contenção e das construções adjacentes. O controlo de vibrações até à elaboração deste trabalho estava em conformidade com a Norma Portuguesa NP 2074 de 1983 (valor limite da velocidade de vibração de 14 mm/s).



## 12.1. Instrumentação

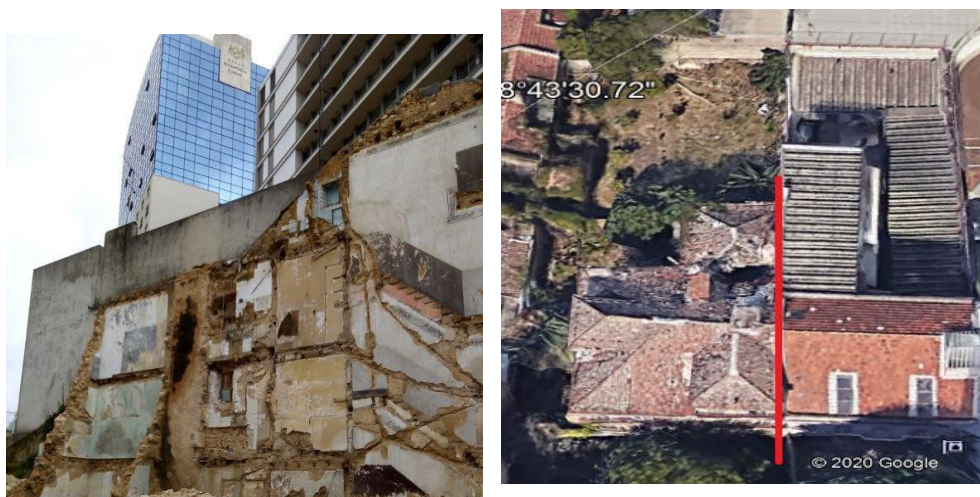
O plano de instrumentação/monitorização da obra implementado, tem como objetivo primário dispor-se, ainda em fase de obra, de uma ferramenta pró-ativa que permita, atempadamente, o controlo do comportamento da contenção, quer na sua vertente estrutural, quer no que diz respeito ao próprio maciço suportado e das confrontações vizinhas da obra conforme se pode observar na Figura 84, levando em conta o ambiente densamente urbanizado em que a obra se insere e os fatores aleatórios que nesta fase não são estimáveis com exatidão.



**Figura 84:** Contenção

**Fonte:** Autoria própria, 2020.

Por meio da análise dos resultados observados e da sua comparação com os estimados, em fase de projeto é possível promover eventuais medidas de correção, a fim de assegurar o desempenho esperado e seguro da obra e de tudo que envolve. Na Figura 85, pode-se observar um edifício vizinho a obra que teve no qual um de seus alçados está tendo sendo monitorado pelos projetistas, uma vez que sua parede confrontava com um edifício que foi demolido para a execução da obra.



**Figura 85:** Edifício vizinho a obra

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

A seguir é descrito um programa de instrumentação e monitorização, de forma a ter um controlo preciso dos seguintes parâmetros:

- colapso da contenção por deformação excessiva;
- assentamentos do maciço envolvente que possam provocar danos nas estruturas envolventes;
- colapso da contenção por deficiência das ancoragens.

A inspeção visual e registo topográfico de eventuais fendas e/ou deformações excessivas da cortina de contenção, fendas e/ou assentamentos de edifícios e/ou arruamentos confinantes, etc., assim como, registo fotográfico relevante tem obedecido até à elaboração deste relatório uma periodicidade mínima de uma vez por dia.

**Nota:** O programa de instrumentação, o qual será precisamente elaborado quando for realmente conhecido o traçado definitivo escolhido pelo Metropolitano de Lisboa, deverá incorporar, minimamente, as técnicas e equipamentos, com as periodicidades de leitura especificadas.

## 12.2. Alvos topográficos ao longo das frentes de escavação

A colocação de marcas topográficas, são placas metálicas planas com um alvo refletivo fixadas às estruturas, para monitorizar os deslocamentos verticais e horizontais nos alçados das paredes de contenção e edifícios vizinhos, totalizando cento unidade.

Os alvos a utilizados são do tipo prisma de reflexão total, com finalidade de compensar a distância aos pontos de leitura, sendo instalados em suportes que permitam o ajuste da sua orientação.

As medições trigonométricas absolutas, sem contacto de convergências, e deformações previstas, são realizadas utilizando uma estação total, com um *hardware* e um *software* para essa finalidade.

As leituras são efetuadas através de estações topográficas, tendo por base pontos fixos fora da área de influência da obra. As precisões finais do sistema de observação, são de  $\pm 1\text{mm}$ , quer planimétrica, quer altimetricamente, sendo a sua periodicidade feita de forma semanal no início da construção das estruturas, mas atualmente estão sendo feitas de forma quinzenal, tendo em conta a estabilização de cada sector. Na Figura 86 pode ver-se a imagem de um alvo topográfico.



**Figura 86:** Alvo topográfico

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

### 12.3. Células de carga

A aplicação de células de carga, hidráulicas ou elétricas (neste último caso, incluindo a cablagem necessária e equipamento de leitura), de forma a permitir a obtenção do valor pré-esforço das ancoragens e respetivas oscilações ao longo da obra, no caso das ancoragens provisórias e ao longo da vida útil da mesma, no caso das ancoragens definitivas totalizando dezoito unidades (ancoragens objeto de ensaios de receção detalhada). A periodicidade desta monitorização à semelhança dos alvos topográficos, inicialmente era feita de forma semanal,

mas atualmente com a estabilização dos sectores, está a fazer-se de forma quinzenal. Na Figura 87 pode ver-se uma imagem deste tipo células.



**Figura 87:** Exemplo de células

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

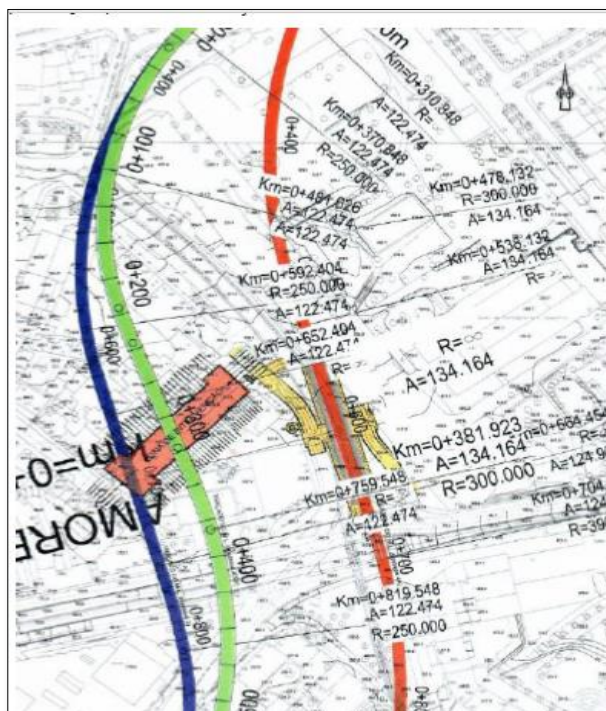
## 13. Condicionantes do Projeto

Como já mencionado na introdução deste estudo de caso, face a alguns condicionantes de projeto, fizeram-se as necessárias alterações na arquitetura, por solicitação da Câmara Municipal de Lisboa (Departamento de Geologia).

### 13.1. Condicionantes

Devido à intenção de expandir a linha vermelha do Metropolitano de Lisboa da estação de S. Sebastião a Campo de Ourique, os projetistas tiveram de considerar, até ao momento, três hipóteses alternativas para o traçado da linha do metro, nas prevê-se que pelo menos, duas delas interfiram diretamente com a edificação que constitui o caso de estudo.

As cores dos traçados correspondem às seguintes hipóteses, que no projeto teve o traçado vermelho tratado como hipótese 4A, o traçado verde como hipótese 2009, e o traçado azul como hipótese 2, conforme se pode ver na Figura 88.



**Figura 88:** Projeto com as condicionantes

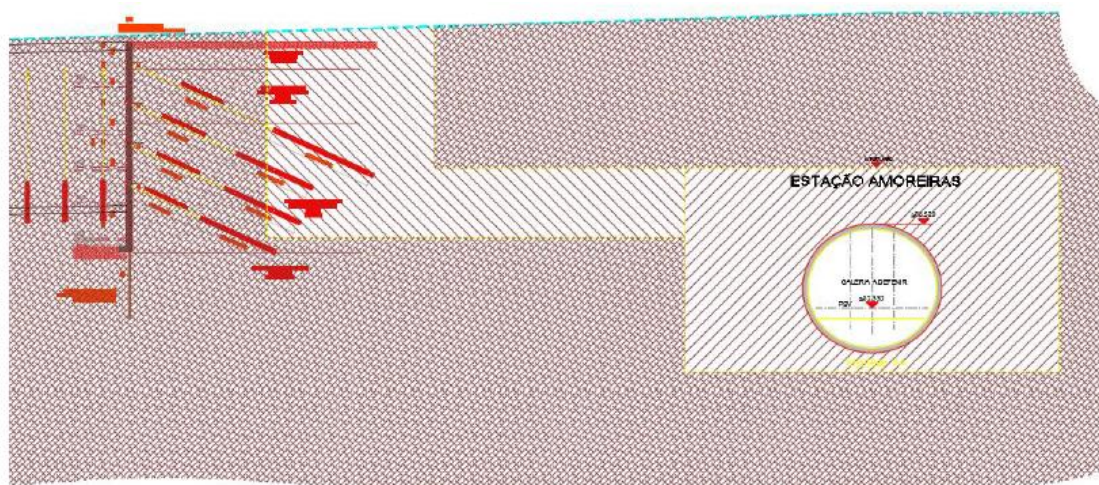
**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

### 13.1.1. Traçado da Hipótese 4A

O traçado da hipótese 4A passa numa zona ligeiramente afastada do edifício, prevendo-se que o túnel do metro fique a uma distância de, aproximadamente, 39 metros, ou seja, não havendo assim qualquer interferência entre as duas estruturas.

No entanto, poderia haver interferência entre as ancoragens provisórias da contenção dos pisos enterrados com a Estação das Amoreiras, assim como se pode observar na Figura 90 que se segue. Porém, pelo fato das ancoragens terem um caráter provisório, elas ficarão perdidas no subsolo, sem tensão e o equilíbrio da contenção será assegurado pela superestrutura, podendo ser cortadas e/ou removidas quando da obra dos acessos à Estação.





**Figura 89:** Ancoragens provisórias da contenção dos pisos enterrados com a Estação das Amoreiras

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

### 13.1.2. Traçado da Hipótese 2009

A Hipótese 2009 refere-se ao traçado verde na planta da Figura 89. Este traçado passa diagonalmente na zona central do edifício, estando marcado na planta abaixo, incluindo a zona de não construção de 3 m para cada lado do túnel.

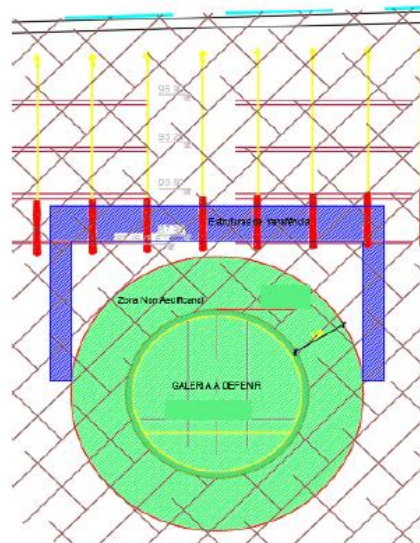
De acordo com informações fornecidas pelas autoridades públicas, a cota máxima do exterior do coroamento do túnel dentro do lote é  $\approx 83.75$  (cota), por isso houve necessidade de considerar uma faixa de 3,00 metros à volta do mesmo, chamada de “*zonas non aedificandi*”, onde não podem ficar alocadas estruturas definitivas.

Existem diversos pilares e um núcleo central na zona do túnel, por isso surgiu a necessidade de se executar estruturas de transferência de carga para derivar as solicitações devidas à superestrutura para fora da zona “*zonas non aedificandi*” do túnel. Esta estrutura surgirá acima do pavimento do piso -4, mas será realizada de modo a ser possível a circulação de veículos nesse piso, com as devidas adaptações arquitectónicas.

Assim, nesta zona a contenção será executada até ao piso -4, mantendo-se a cota de fundo de escavação igual a 87.45 (acima da cota de coroamento máxima do túnel dentro do lote +3 metros correspondentes à “zona não edificável”, ou seja,  $83.75 + 3 \text{ metros} = 86.75$ , o que corresponde ao esperado.

A ponta das microestacas que garantem o equilíbrio vertical da contenção na fase provisória está alocada acima da cota de coroamento do túnel. Em fase definitiva estas

microestacas não desempenham nenhuma função estrutural, pela existência das já mencionadas, estruturas de transferência de carga.

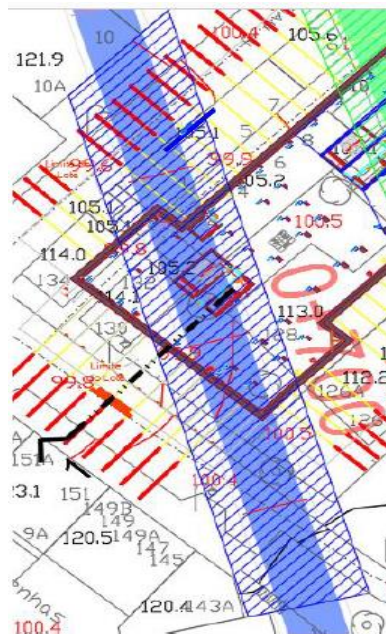


**Figura 90:** Hipótese 2009 refere-se ao traçado verde na planta

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

### 13.1.3. Traçado da Hipótese 2

A hipótese 2 corresponde à área azul na planta da Figura 91. Este traçado passa diagonalmente no canto Sudoeste do lote, como é ilustrado na figura.

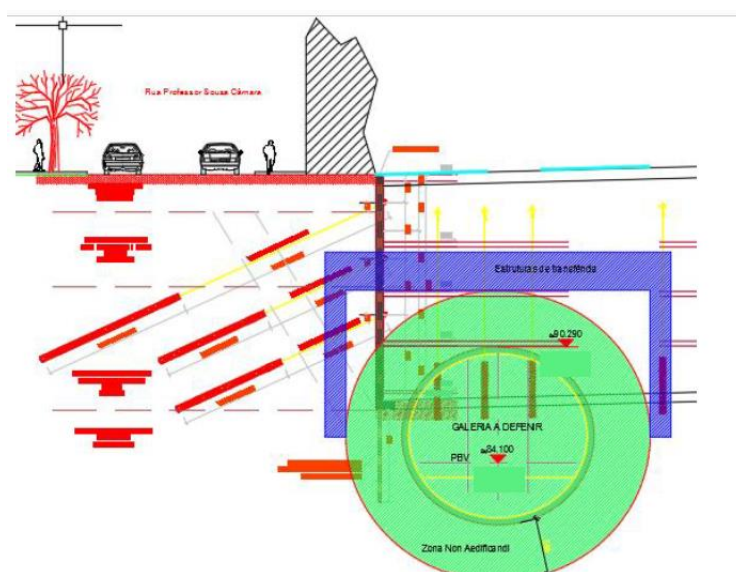


**Figura 91:** Hipótese 2 corresponde à área azul na planta

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

A cota máxima do coroamento do túnel dentro do lote é  $\approx 90.17$ , sendo necessário também considerar uma faixa de 3 metros à volta do mesmo, designada como nas outras

hipóteses de “*zonas non aedificandi*” (onde não poderão ficar alocadas estruturas definitivas).



**Figura 92:** Cota máxima do coroamento do túnel

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

Com o objetivo de minimizar o impacto na arquitetura do edifício, diminuir o constrangimento na área de caves e, cumulativamente, respeitar as exigências desta hipótese de traçado, tem sido necessário proceder-se à transferência de carga dos pilares e núcleos implantados sobre a área do túnel e faixas de proteção laterais. Considerando a existência de uma estrutura de transferência acima desta cota, significando que os pisos -2, -3 e -4 não poderão ser realizados neste ponto do edifício. A redução de área deverá ser acautelada na revisão do projeto de arquitetura.

Assim, nesta zona, a contenção está sendo executada até ao piso -2, sendo a cota do fundo de escavação igual a 93.25 (acima da cota de coroamento máxima do túnel dentro do lote + 3 metros correspondentes à “*zonas non aedificandi*” ( $90.17+3=93.17$ )).

A ponta das microestacas que garantem o equilíbrio vertical da contenção em **fase provisória** preve-se que fique alocada acima da cota de coroamento do túnel.

De modo semelhante, as microestacas adotadas para atender às outras duas hipóteses, em fase definitiva, estas microestacas não desempenham qualquer função estrutural, dada a existência das estruturas de transferência de carga.



## 13.2. Detalhamento das Alterações do Projeto

### 13.2.1. Projeto da contenção periférica

Devido à existência dos possíveis traçados do Metropolitano de Lisboa como já mencionado, traçados esses que se situam na zona de implantação do empreendimento *LX Living*, mais precisamente, a hipótese 2009 e a Hipótese 2, houve necessidade de se reajustar a conceção do edifício, nomeadamente no número de caves.

Assim, de modo a que não existam estruturas de carácter definitivo na zona dos túneis e nas suas respetivas “zonas non aedificandi” (até 3 metros para fora dos traçados dos túneis), foi necessário reduzir o número de pisos enterrados de 4 para 2 no canto Sudoeste do edifício.

Tendo em conta que agora há esse desnível dentro do edifício, foi necessário definir um novo alinhamento de contenção do piso -2 para o -4, que se situa no exterior das “zonas non aedificandi” do túnel da Hipótese 2.

A Sudoeste desta contenção o fundo de escavação corresponde à cota 93.25m. A Nordeste da mesma, o fundo de escavação corresponde à cota 87.45m.

Após a definição das novas cotas de fundo da escavação, foi necessário verificar que as ancoragens e as microestacas provisórias que se encontram entre os alinhamentos dos túneis, não os intersetem. Considerou-se aceitável que as mesmas, por serem elementos de suporte provisório, interseitassem as *zonas non aedificandi* que envolvem os túneis, ou seja:

a) em caso de algumas ancoragens/microestacas intersetarem a zona da Galeria do Túnel;

b) nas zonas em que as mesmas se alocam na *zona non aedificandi*, em caso algum serão intersetadas pela construção da Galeria, adicionalmente, o seu carácter provisório conduz a que, assim que desativadas, funcionem como elementos inertes, portanto sem qualquer ação sobre a Galeria.

É de se ressaltar que o contorno da contenção periférica foi reajustado. A necessidade de introdução de estruturas de transferência de carga na superestrutura do edifício de modo a suprimir a existência de estruturas de carácter definitivo na faixa dos túneis e nas *zonas non aedificandi* que os envolvem, obrigou, em certos locais, a redefinir os limites da contenção e aproximá-los do limite do lote (quando possível).

Assim, nas zonas do edifício mais próximas das Hipóteses 2009 e 2, pelo interior da contenção em Muro de Berlim, existirá uma parede que funcionará em fase definitiva. Nas

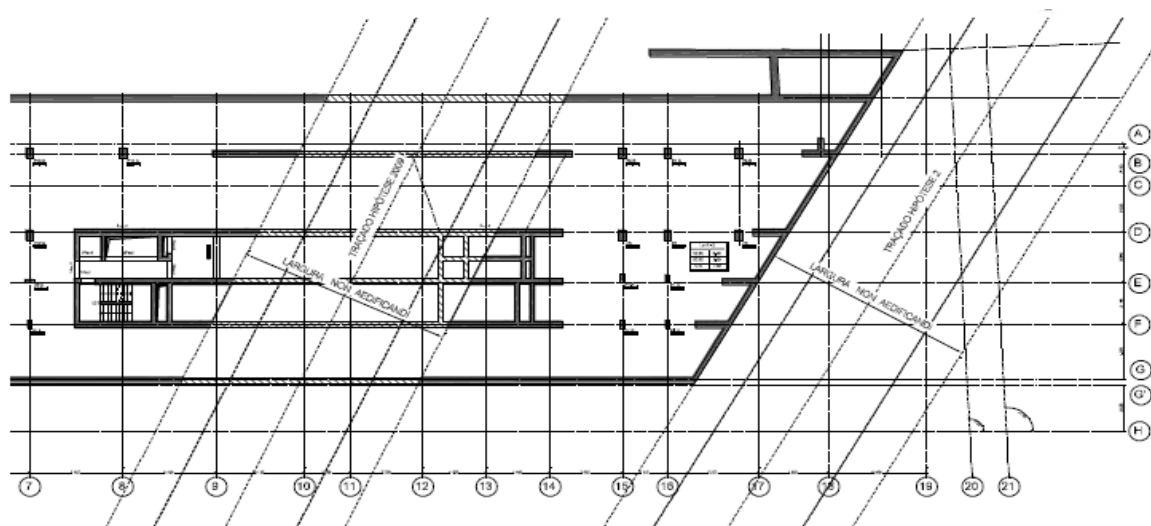
zonas remanescentes do edifício, onde não há necessidade de execução de estruturas de transferência de carga, o Muro de Berlim da contenção funcionará em fase definitiva (Troços EF, FG, GH, HI, IJ, JK, KL e DO – planta da contenção).

### 13.2.2. Projeto de Estruturas (Fundações e Superestrutura)

No que se refere ao ponto de vista estrutural, pelos motivos já mencionados, criaram-se duas grandes estruturas de transferência capazes de suportar os elementos verticais cuja fundação coincida com as *zonas non aedificandi* das Hipóteses de traçado 2009 e 2. Nos pontos seguintes descrevem-se, de forma resumida, as principais características das soluções concebidas.

#### 13.2.2.1. Estruturas de transferência entre os pios -4 e -3 (Traçado da Hipótese 2009)

Definiram-se seis alinhamentos sobre os quais apoiam os elementos verticais existentes dentro dos limites impostos pelo traçado da hipótese 2009. Estes alinhamentos coincidem, aproximadamente, com as contenções previstas para o limite das caves (acima do eixo A e no eixo G) e com os eixos B, D, E e F, conforme apresentado na figura seguinte. Na figura abaixo é indicado os alinhamentos utilizando traços de cor ou setas.



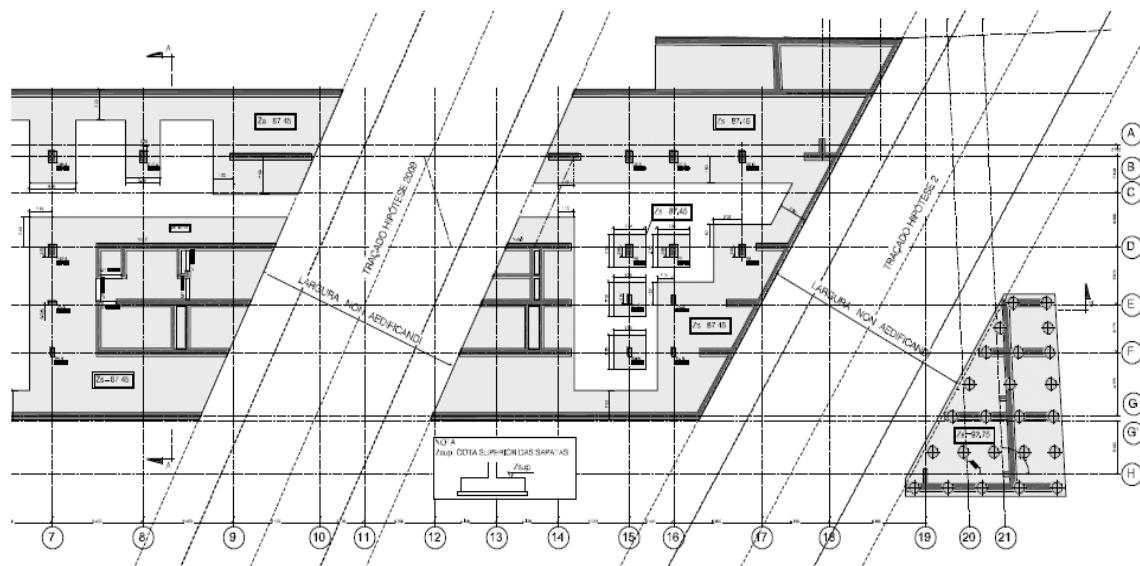
**Figura 93:** Figura: Alinhamentos utilizando traços de cor ou setas

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

Desta forma, as estruturas de transferência materializam-se quer pelas contenções dos limites Noroeste e Sudeste das caves quer, por vigas de grande altura (altura disponível

entre os pisos -4 e -3). Ambas as estruturas vencem vãos de 17 metros, aproximadamente, apoiando-se antes e depois dos limites impostos pela faixa *non aedificandi* interessada.

Na Figura 94 apresenta-se um excerto da planta de fundações do edifício.



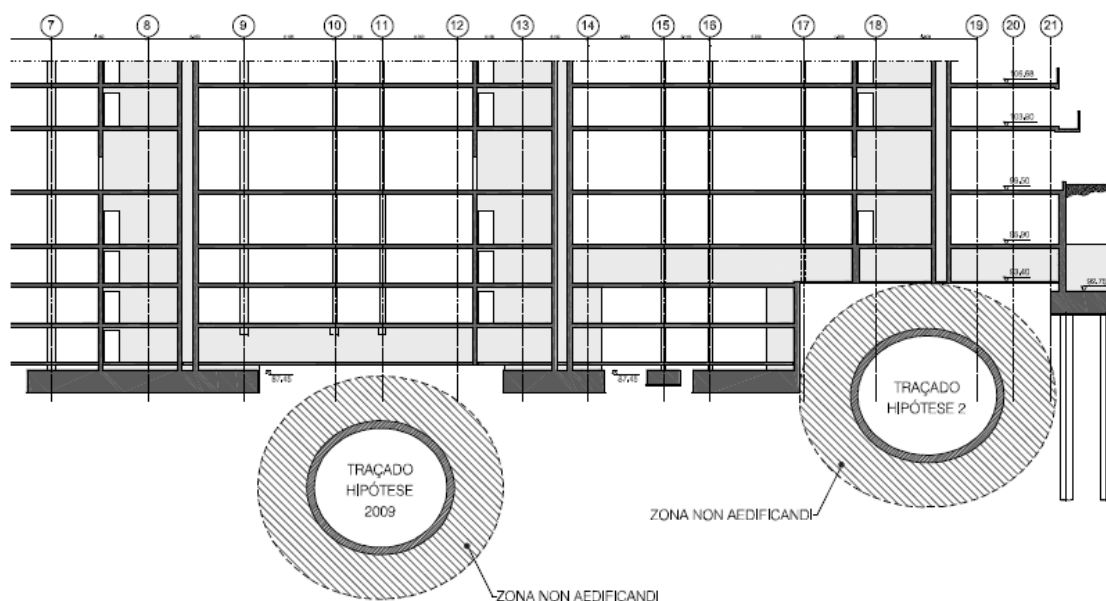
**Figura 94:** Planta de fundações do edifício

**Fonte: DDN Fiscalização, 2020.**

#### 13.2.2.2. Estruturas de Transferência entre pisos -2 e -1 (Traçado da Hipótese 2)

Definiram-se seis alinhamentos sobre os quais se apoiam os elementos verticais existentes dentro dos limites impostos pelo traçado da hipótese 2009. Estes alinhamentos coincidem, aproximadamente, com as contenções previstas para o limite das caves (acima do eixo A e no eixo G) e com os eixos B, D, E e F, conforme apresentado na figura seguinte. Na figura abaixo (Figura 96) são indicados os alinhamentos utilizando traços de cor ou setas.

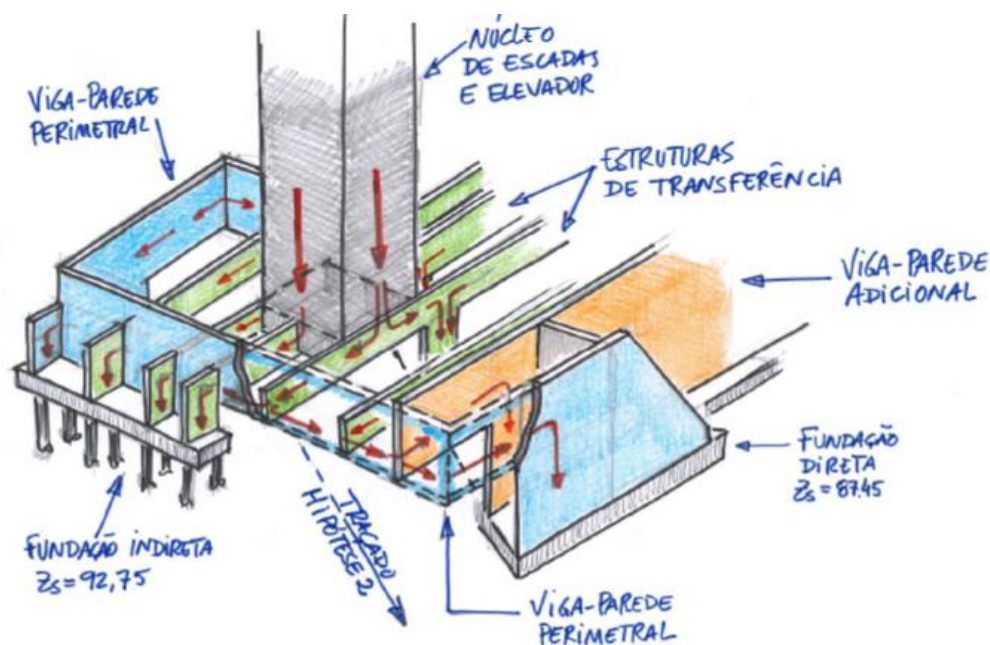
As vigas agora definidas entre os pisos -2 e -1 prolongam-se até ao limite Sudoeste do edifício. Tal como nas estruturas de transferência descritas anteriormente, são estas vigas que apoiam aos elementos verticais que intercetam os limites definidos pelo traçado da Hipótese 2. Por sua vez, estas vigas de grande dimensão apoiam-se sobre as vigas-parede em consola que materializam o contorno do canto inferior Sul do edifício.



**Figura 95:** Proximidade do eixo 14

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

Ainda que na realidade o funcionamento estrutural do edifício seja bastante mais complexo, quer pela sua geometria tridimensional quer pela sua hiperestaticidade, em linhas gerais a estrutura tende a comportar-se conforme a Figura 96.



**Figura 96:** Comportamento da estrutura

**Fonte:** DDN Fiscalização, 2020.

Os elementos verticais com fundações abaixo do piso -4 mantêm as suas faces superiores à cota 87.45. Por sua vez, a fundação indireta por estacas (com maciço de encabeçamento imediatamente abaixo do piso -2 – canto Poente do edifício) têm a sua face superior à cota 92.75.

O comprimento das estacas estima-se em 14 metros (cota de ponta aproximadamente  $z=78.00$ ), garantindo o comprimento necessário para transmitir os esforços aos solos de fundação e que esta transmissão se dá, por ponta, em cotas inferiores às previstas para a cota de soleira do túnel do metro.

## CAPÍTULO 8 - CONCLUSÃO

Finalizado o projeto, é possível afirmar que os principais objetivos traçados foram atingidos de forma satisfatória. Foi desenvolvido o tema previsto e realizada a análise que pretende ser um contributo para ressaltar a necessidade de se ter um projeto bem elaborado e que leve em conta todos os fatores geotécnicos e urbanos envolvidos em obras de reabilitação ou renovação e a sua influência nas construções vizinhas.

Um problema geralmente encontrado nas obras geotécnicas é a adoção de parâmetros geotécnicos diferentes dos reais, devido à incerteza associada à determinação destes, ainda que por meio dos ensaios realizados. Por isso, é de todo recomendável que durante a conceção da solução, seja realizado um levantamento cuidadoso que identifique as singularidades, realizando sondagens e ensaios laboratoriais criteriosos fornecendo assim elementos para um dimensionamento estrutural acertado.

A pesquisa bibliográfica efetuada permitiu compilar os conhecimentos básicos acerca do comportamento de diversos tipos de estruturas de fundação, reforço e contenção, assim como dos mecanismos de transmissão destes aos edifícios próximos. No caso de obras em meio urbano, o estudo de caso, permitiu demonstrar a necessidade de se prever e ao mesmo tempo sanar futuros problemas e respetivos danos. Ficou, também, evidenciado que cada método construtivo possui uma finalidade específica de acordo com o tipo de solo e que é possível numa única construção usar diversos procedimentos geotécnicos como ocorre no edifício tema do estudo de caso. Por último, pode-se perceber que a escolha de um método geotécnico construtivo em uma obra de reabilitação urbana, deve-se basear, basicamente, em três fatores ditos primordiais:

- **viabilidade técnica:** analisar o tipo de fundações, contenção ou reforço para seleccionar o mais adequado para quele tipo de terreno e solicitações;
- **economia:** analisar entre os métodos tecnicamente disponíveis, qual o mais economicamente viável;
- **segurança:** após o estudo de viabilidade técnica e económica, seleccionar o método construtivo mais seguro, tendo em consideração o interesse para o dono da obra, mas também todos os fatores circunvizinhos a esta.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, Francielle C.; NOGUEIRA, Gabriel S.; GOULART, Vítor M. **Cartografia Geotécnica Aplicada ao Planejamento Urbano – Noções Básicas**. Brasília: UNB, 2015.
- ALMEIDA BARROS, P. L. - **Obras de Contenção**. Publicação editada pelo departamento técnico, 2005.
- ANDRADE, Maria Margarida de - **Como Preparar Trabalhos para Cursos de Pós-Graduação**. 17 ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- ANDRADE, Pedro Santarém; FERREIRA, Mário Quinta - **A Cartografia Geológico-Geotécnica Aplicada à Geotecnia. Exemplos de Aplicação em Portugal**. Coimbra: Centro de Geociências, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2017.
- ANTUNES, Telmo Ricardo Sousa - **Rehabilitation of Foundations of Old Buildings Using Micropiles Extended Abstract** [Em linha]. Instituto Técnico de Lisboa, 2012. [Consult. 12 set. 2020]. Disponível na Internet:<URL:<https://docplayer.net/14397018-Rehabilitation-of-foundations-of-old-buildings-using-micropiles-extended-abstract-master-s-dissertation-in-construction-and-rehabilitation.html>>.
- AZEREDO, Hélio Alves de - **O edifício até sua cobertura - Prática da construção civil**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.
- ARAÚJO, Mauro José de Sousa - **Patologia, Fundações, Estruturas e Revestimentos**. Curitiba. 2011;
- BERNARDES, Luana - **Geologia. Todo Estudo** [Em linha]. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, s.d. [Consult. 26 out. 2020]. Disponível na Internet:<URL: <https://www.todoestudo.com.br/geografia/geologia>>.
- COSTA NUNES, A. J. - **Aplicações Geotécnicas da Protensão**. II Seminário Nacional do Concreto Protendido – IBS/ABPE. 1976.
- CORREIA, João Nuno Duarte - **Reforço de fundações de edifícios** [Em linha]. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2014. [Consult. 12 set. 2020]. Disponível na

Internet:<URL:file:///C:/Users/Acer/Downloads/REFOR%C3%87O%20DE%20FUNDADA%C3%87%C3%95ES.pdf>. Dissertação de Mestrado.

CARVALHO, Décio Manuel - **Patologias das Fundações: Fundações em depósitos de vertente na cidade de Machico**. Funchal: Universidade da Madeira, 2010. Tese de Mestrado.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda - **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: volume 2**. São Paulo: Pini, 2009.

CAPUTO, Homero Pinto - **Mecânica dos Solos e suas Aplicações: Mecânica das rochas, fundações e obras de terra**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Ltc, 1988.

CACHIM, P. B. - **Estruturas de betão - Fundações de Betão Armado**. Universidade de Aveiro: Aveiro, 2003.

COELHO, A. G. - O valor acrescentado da geologia nos estudos geotécnicos em áreas urbanas. **XI Congresso Nacional de Geotecnia: A Geotecnia Portuguesa e os Desafios da Globalização**. [Publicado em CD]. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2008.

COELHO, Silvério - **Tecnologia de Fundações**. Lisboa: Edições E. P. G. E., 1996. ISBN: 9789728326227

COSTA, Paula Teves; ALMEIDA, I. Moitinho; GOMES, Emília - **Caracterização Geotécnica dos Solos da Área da Grande Lisboa e Concelhos Limítrofes**. Lisboa: SÍSMICA, Faculdade de Ciências Lisboa, 2004.

EN 1992-1-1:2004 - Eurocódigo 2: Projetos de Estruturas de Betão

EN 1993-1-1:2005 - Eurocódigo 3: Projeto de estruturas de aço

EN 1994-1-1:2004 - Eurocódigo 4: Projetos de Estruturas Mistas Aço-Betão

EN 1995-1-1:2004 - Eurocódigo 5: Projetos de Estruturas em Madeira

EN 1997-1:2004 - Eurocódigo 7: Projeto Geotécnico. Parte 1 – Regras Gerais



- FIGUEIREDO, Nébia Maria Almeida de - **Método e Metodologia na Pesquisa Científica**. 5 ed. São Paulo: Yendis, 2011.
- GOMES, Coelho António - **O Valor Acrescentado da Geologia nos Estudos Geotécnicos em Áreas Urbanas**. Lisboa: Coba, 2006.
- HACHICH, Waldemar.; et al. - **Fundações: Teoria e prática**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1998.
- HWANG, Tae-Hyun; KIM, Kang-Hyun; SHIN, Jong-Ho - Effective installation of micropiles to enhance bearing capacity of micropiled raft. **Soils and Foundations**. ISSN 0038-0806. 57:1 (2017) 36–49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2017.01.003>.
- KROTH, Eduardo Black - **Análise do Desempenho de Reforço de Fundações: Estudo de caso de um edifício comercial na cidade de Lajeado/RS**. Lajeado-SC : Centro Universitário UNIVATES, 2016. Monografia.
- LIMA, Lucas Caliari - **Análise de provas de cargas realizadas em micro estacas utilizadas no reforço das fundações de uma ponte histórica de Recife-PE**. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2008. Tese de Mestrado. Disponível na Internet:<URL: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5150>>.
- LIMA, Natália Duarte de - **Mecânica dos Solos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2015.
- LORANDI, Reinaldo; MENEZES, Denise Balestrero - **Geologia de Planejamento do Meio Físico**. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, 2020.
- MACHADO, Rui - **Microestacas**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011. [Consult. 12 set. 2020]. Disponível na Internet:<URL: <http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/tc-cor/08%20Micro-estacas%20-%2011%C2%AA%20aula%20te%C3%B3rica%20-%20COR.pdf>>.
- MARCELO DE OLIVEIRA, Luís - **Acidentes Geológicos Urbanos**. Curitiba: MINEROPAR – Serviço Geológico do Panamá, 2010.
- MÉNARD, L.; ROSSEAU, J. - L'évaluation des tassements, tendances nouvelles. **Sols Soils**. 1 (1962) 13–30.

- MESQUITA, Carlos - **Patologia das Fundações. Métodos de Inspeção, Monitorização e Ensaio In Situ**. Curso de Reforço de Fundações. Lisboa, FUNDEC, 18 e 19 de novembro de 2013.
- MOURA, Ana Paula - **Fundações e Obras de Terra, aula 02: Investigações do Subsolo**. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2010.
- NBR - **6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- NEVES, Manuel João Niza Das - **Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2010. [Consult. 12 set. 2020]. Disponível na Internet:<URL: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/thesis/2353642301032>>. Tese de Mestrado
- PINTO, A.; FERREIRA, S.; LOPES P.; DIAS, J.; COSTA, R.; ALMEIDA, F. - **Palácio Sotto Mayor: recalçamento de edifício centenário e escavação de grande altura em meio urbano**. Amadora: Tecnasol FGE, 2002.
- PINTO, A.; CHAVES, J.; LOPES, P.; GOUVEIA, M.; BARROS, V.; MACHADO, M. - **Teatro Circo de Braga: Ampliação subterrânea sob estrutura centenária**. Amadora: Tecnasol FGE, 2003.
- PINTO, Carlos de Souza - **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- POUCA, Nelson Vila; DELFIM, Carlos – **Dimensionamento Estrutural de Elementos de Fundação: Maciços de encabeçamento estacas**. Porto: FEUP, 2016.
- SOBREIRA, Frederico Garcia; SOUZA, L. A. De - Cartografia geotécnica aplicada ao planeamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. 2:1 (2012) 79–97. [Consult. 26 out. 2020]. Disponível na Internet:<URL: [https://www.abge.org.br/uploads/revistas/r\\_p df/RevistaABGE-art3.pdf](https://www.abge.org.br/uploads/revistas/r_p df/RevistaABGE-art3.pdf)>.
- SAYEGH, Simone - Efeito Solo. **Téchne. S.Paulo**. março/abril (2001) 36-42.
- FONSECA, A. Viana da - Alicerces de ontem, fundações de amanhã: o reforço como garantia da preservação monumental. **2º Seminário " A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação**. 2006.

- VESTENA, Leandro Redin; KOBİYAMA, Masato; SANTOS, Leonardo J. C. - Considerações sobre gestão ambiental em áreas cársticas. **RA'E GA: o espaço geográfico em análise. Curitiba: UFPR. 06 (2002) 81–93.**
- WITTKE, W. - Heritage lecture: State of the art and development of geotechnical engineering in Germany. Em **Comptes rendus du quatorzième conférence internationale de Mécanique des sols et des travaux de fondation**, Hambourg, 6-12 septembre 1997. [S.l.] : CRC Press, 1997. ISBN 9054108959

## **ANEXOS**

## **Anexo 1: Relatório Geotécnico**

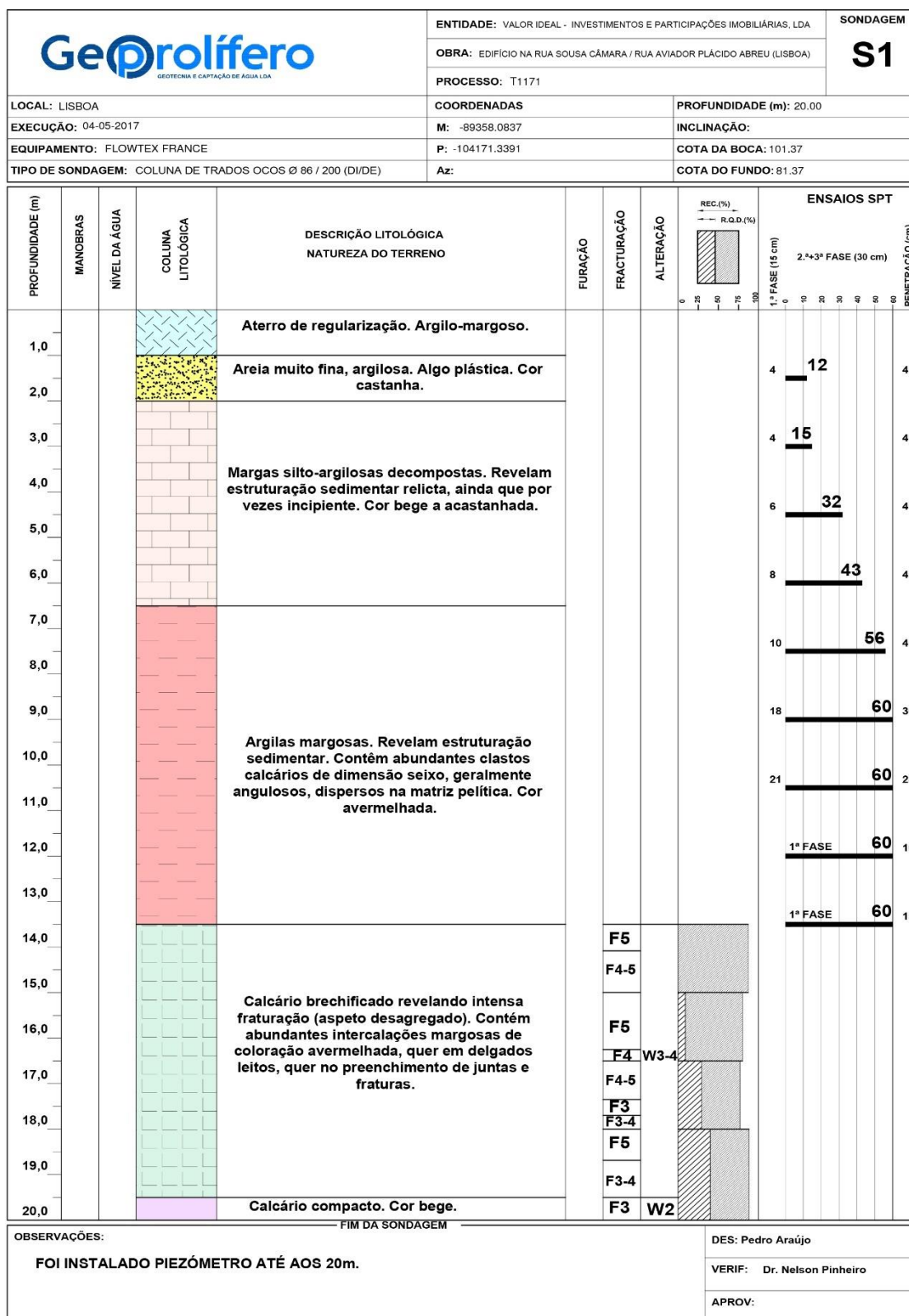
# ANEXOS

- LOG'S DAS SONDAGENS E DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA
- PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DOS TRABALHOS DE PROSPECÇÃO
- PERFIS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS INTERPRETATIVOS



## LOG'S DAS SONDAGENS E DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA





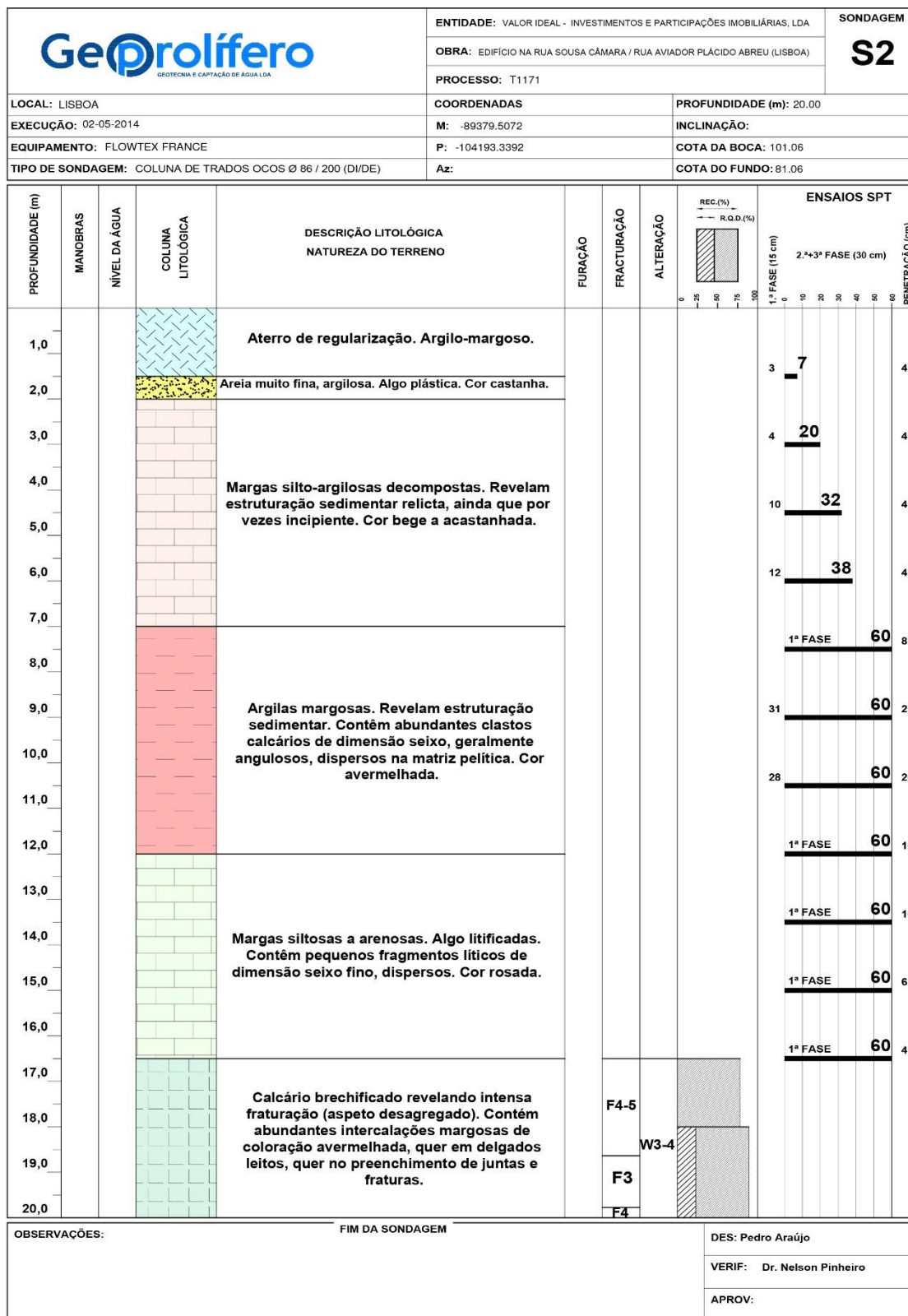


## SONDAGEM S1



Dos 0.00 aos 20.00 metros





## SONDAGEM S2



Dos 0.00 aos 20.00 metros



| <div>Geoprolífero</div> <div>GEOTECNIA E CAPTAÇÃO DE ÁGUA LDA</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   | <div>ENTIDADE: VALOR IDEAL - INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA</div> <div>OBRA: EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA / RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA)</div> <div>PROCESSO: T1171</div>                 |         | <div>SONDAGEM</div> <div>S3</div> |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|-------------------|---------------------------------------------|---------|------------|-----------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----|--|--|--|-----------------------------------------------|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|----------------------------------------------------------|--|--|--|---|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|----|-----|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|---|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|----|----|-----|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|---------|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|---------|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|---------|----|------|--|--|--|--|--|--|--|---------|----|------|--|--|--|--|--|--|--|---------|----|------|--|--|--|--|--|--|--|---------|----|------|--|--|--|-------------------------------------------------------------|------|--|--|--|--|------|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|--|--|------|--|--|--|--|----|------|--|--|--|------|--|--|--|--|----|--|--|--|--|------|--|--|--|--|----|--|--|--|--|------|--|--|--|--|------|--|--|--|--|------|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|--|
| LOCAL: LISBOA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |               |                   | COORDENADAS                                                                                                                                                                                                      |         | PROFUNDIDADE (m): 19.00           |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| EXECUÇÃO: 15-05-2017                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   | M: -89400.9307                                                                                                                                                                                                   |         | INCLINAÇÃO:                       |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| EQUIPAMENTO: FLOWTEX FRANCE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |               |                   | P: -104215.3392                                                                                                                                                                                                  |         | COTA DA BOCA: 100.37              |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| TIPO DE SONDAGEM: COLUNA DE TRADOS OCOS Ø 86 / 200 (DI/DE)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |          |               |                   | Az:                                                                                                                                                                                                              |         | COTA DO FUNDO: 81.37              |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| <table><tr><th>PROFUNDIDADE (m)</th><th>MANOBRAS</th><th>NÍVEL DA ÁGUA</th><th>COLUNA LITOLÓGICA</th><th>DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br/>NATUREZA DO TERRENO</th><th>FURAÇÃO</th><th>FRATURACÃO</th><th>ALTERAÇÃO</th><th colspan="2">ENSAIOS SPT</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td><div><div>REC. (%)</div><div>— R.Q.D. (%)</div><div><div></div><div></div><div></div></div></div></td><td></td></tr><tr><td>1,0</td><td></td><td></td><td></td><td>vegetal silto-argilosa, com matéria orgânica.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2,0</td><td></td><td></td><td></td><td>Areia muito fina, argilosa. Algo plástica. Cor castanha.</td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td>14</td></tr><tr><td>3,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>20</td></tr><tr><td>4,0</td><td></td><td></td><td></td><td>Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relict, ainda que por vezes incipiente. Cor bege a acastanhada.</td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>22</td></tr><tr><td>5,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>9</td><td>28</td></tr><tr><td>6,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>45</td><td>60</td></tr><tr><td>7,0</td><td></td><td></td><td></td><td>Margas siltosas a arenosas. Algo litificadas. Contém pequenos fragmentos líticos de dimensão seixo fino, dispersos. Cor rosada.</td><td></td><td></td><td></td><td>1ª FASE</td><td>60</td></tr><tr><td>8,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1ª FASE</td><td>60</td></tr><tr><td>9,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1ª FASE</td><td>60</td></tr><tr><td>10,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1ª FASE</td><td>60</td></tr><tr><td>11,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1ª FASE</td><td>60</td></tr><tr><td>12,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1ª FASE</td><td>60</td></tr><tr><td>13,0</td><td></td><td></td><td></td><td>Calcário compacto. Revela expressiva integridade. Cor bege.</td><td>F4-5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>14,0</td><td></td><td></td><td></td><td>Calcário brechificado revelando intensa fraturação (aspeto desagregado). Contém abundantes intercalações margosas de coloração avermelhada, quer em delgados leitos, quer no preenchimento de juntas e fraturas.</td><td>F4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>15,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F5</td><td>W3-4</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>16,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>17,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>18,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F3-4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>19,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Calcário compacto. Revela expressiva integridade. Aos 17.50m contém delgada intercalação margosa. Observa-se estruturação frágil com inclinação de 45°. Cor esbranquiçada.</td><td>F4-3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F4-5</td><td>W3-2</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="4"></td><td colspan="4">FIM DA SONDAGEM</td><td colspan="2"></td></tr></table> |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | PROFUNDIDADE (m)                                                                                  | MANOBRAS | NÍVEL DA ÁGUA | COLUNA LITOLÓGICA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br>NATUREZA DO TERRENO | FURAÇÃO | FRATURACÃO | ALTERAÇÃO | ENSAIOS SPT |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <div><div>REC. (%)</div><div>— R.Q.D. (%)</div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> |  | 1,0 |  |  |  | vegetal silto-argilosa, com matéria orgânica. |  |  |  |  |  | 2,0 |  |  |  | Areia muito fina, argilosa. Algo plástica. Cor castanha. |  |  |  | 4 | 14 | 3,0 |  |  |  |  |  |  |  | 6 | 20 | 4,0 |  |  |  | Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relict, ainda que por vezes incipiente. Cor bege a acastanhada. |  |  |  | 6 | 22 | 5,0 |  |  |  |  |  |  |  | 9 | 28 | 6,0 |  |  |  |  |  |  |  | 45 | 60 | 7,0 |  |  |  | Margas siltosas a arenosas. Algo litificadas. Contém pequenos fragmentos líticos de dimensão seixo fino, dispersos. Cor rosada. |  |  |  | 1ª FASE | 60 | 8,0 |  |  |  |  |  |  |  | 1ª FASE | 60 | 9,0 |  |  |  |  |  |  |  | 1ª FASE | 60 | 10,0 |  |  |  |  |  |  |  | 1ª FASE | 60 | 11,0 |  |  |  |  |  |  |  | 1ª FASE | 60 | 12,0 |  |  |  |  |  |  |  | 1ª FASE | 60 | 13,0 |  |  |  | Calcário compacto. Revela expressiva integridade. Cor bege. | F4-5 |  |  |  |  | 14,0 |  |  |  | Calcário brechificado revelando intensa fraturação (aspeto desagregado). Contém abundantes intercalações margosas de coloração avermelhada, quer em delgados leitos, quer no preenchimento de juntas e fraturas. | F4 |  |  |  |  | 15,0 |  |  |  |  | F5 | W3-4 |  |  |  | 16,0 |  |  |  |  | F4 |  |  |  |  | 17,0 |  |  |  |  | F5 |  |  |  |  | 18,0 |  |  |  |  | F3-4 |  |  |  |  | 19,0 |  |  |  |  | F5 |  |  |  |  |  |  |  |  | Calcário compacto. Revela expressiva integridade. Aos 17.50m contém delgada intercalação margosa. Observa-se estruturação frágil com inclinação de 45°. Cor esbranquiçada. | F4-3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F4-5 | W3-2 |  |  |  |  |  |  |  |  | F4 |  |  |  |  |  |  |  |  | FIM DA SONDAGEM |  |  |  |  |  |
| PROFUNDIDADE (m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | MANOBRAS | NÍVEL DA ÁGUA | COLUNA LITOLÓGICA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br>NATUREZA DO TERRENO                                                                                                                                                                      | FURAÇÃO | FRATURACÃO                        | ALTERAÇÃO | ENSAIOS SPT                                                                                       |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | <div><div>REC. (%)</div><div>— R.Q.D. (%)</div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 1,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   | vegetal silto-argilosa, com matéria orgânica.                                                                                                                                                                    |         |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 2,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   | Areia muito fina, argilosa. Algo plástica. Cor castanha.                                                                                                                                                         |         |                                   |           | 4                                                                                                 | 14       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 3,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | 6                                                                                                 | 20       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 4,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   | Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relict, ainda que por vezes incipiente. Cor bege a acastanhada.                                                                              |         |                                   |           | 6                                                                                                 | 22       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 5,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | 9                                                                                                 | 28       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 6,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | 45                                                                                                | 60       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 7,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   | Margas siltosas a arenosas. Algo litificadas. Contém pequenos fragmentos líticos de dimensão seixo fino, dispersos. Cor rosada.                                                                                  |         |                                   |           | 1ª FASE                                                                                           | 60       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 8,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | 1ª FASE                                                                                           | 60       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 9,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | 1ª FASE                                                                                           | 60       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 10,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | 1ª FASE                                                                                           | 60       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 11,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | 1ª FASE                                                                                           | 60       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 12,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | 1ª FASE                                                                                           | 60       |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 13,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   | Calcário compacto. Revela expressiva integridade. Cor bege.                                                                                                                                                      | F4-5    |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 14,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   | Calcário brechificado revelando intensa fraturação (aspeto desagregado). Contém abundantes intercalações margosas de coloração avermelhada, quer em delgados leitos, quer no preenchimento de juntas e fraturas. | F4      |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 15,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  | F5      | W3-4                              |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 16,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  | F4      |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 17,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  | F5      |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 18,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  | F3-4    |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| 19,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  | F5      |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |               |                   | Calcário compacto. Revela expressiva integridade. Aos 17.50m contém delgada intercalação margosa. Observa-se estruturação frágil com inclinação de 45°. Cor esbranquiçada.                                       | F4-3    |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  | F4-5    | W3-2                              |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  | F4      |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |               |                   | FIM DA SONDAGEM                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           |                                                                                                   |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| OBSERVAÇÕES:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | DES: Pedro Araújo                                                                                 |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
| FOI INSTALADO PIEZÓMETRO ATÉ AOS 19m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | VERIF: Dr. Nelson Pinheiro                                                                        |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                   |           | APROV:                                                                                            |          |               |                   |                                             |         |            |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                   |  |     |  |  |  |                                               |  |  |  |  |  |     |  |  |  |                                                          |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |                                                                                                                                     |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |   |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |                                                                                                                                 |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |     |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |                                                             |      |  |  |  |  |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |      |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |

### SONDAGEM S3



Dos 0.00 aos 19.00 metros



|                                                                                   |  |  |  |                                                                                |  |  |  |                                  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|----------------------------------|--|
|  |  |  |  | <b>ENTIDADE:</b> VALOR IDEAL - INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA |  |  |  | <b>SONDAGEM</b><br><div>S4</div> |  |
| <b>OBRA:</b> EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA / RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA)    |  |  |  | <b>PROCESSO:</b> T1171                                                         |  |  |  |                                  |  |
| <b>LOCAL:</b> LISBOA                                                              |  |  |  | <b>COORDENADAS</b>                                                             |  |  |  | <b>PROFUNDIDADE (m):</b> 18.00   |  |
| <b>EXECUÇÃO:</b> 17-05-2017                                                       |  |  |  | <b>M:</b> -89422.3542                                                          |  |  |  | <b>INCLINAÇÃO:</b>               |  |
| <b>EQUIPAMENTO:</b> FLOWTEX FRANCE                                                |  |  |  | <b>P:</b> -104237.3393                                                         |  |  |  | <b>COTA DA BOCA:</b> 99.47       |  |
| <b>TIPO DE SONDAGEM:</b> COLUNA DE TRADOS OCOS Ø 86 / 200 (DI/DE)                 |  |  |  | <b>Az:</b>                                                                     |  |  |  | <b>COTA DO FUNDO:</b> 81.47      |  |

| PROFUNDIDADE (m) | MANOBRAS | NÍVEL DA ÁGUA | COLUNA LITOLÓGICA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br>NATUREZA DO TERRENO                                                                                                                                                                                                      | FURAÇÃO | FRACTURAÇÃO | ALTERAÇÃO | REC. (%)<br>R.Q.D. (%) | ENSAIOS SPT |
|------------------|----------|---------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|-----------|------------------------|-------------|
| 1,0              |          |               |                   | Aterro de regularização. Argilo-margoso.                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |                        |             |
| 2,0              |          |               |                   | Areia muito fina, argilosa. Algo plástica. Cor castanha.                                                                                                                                                                                         |         |             |           |                        |             |
| 3,0              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         |             |           |                        |             |
| 4,0              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         |             |           |                        |             |
| 5,0              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         |             |           |                        |             |
| 6,0              |          |               |                   | Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relicta, ainda que por vezes incipiente. Cor bege a acastanhada.                                                                                                             |         |             |           |                        |             |
| 7,0              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         |             |           |                        |             |
| 8,0              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         |             |           |                        |             |
| 9,0              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         |             |           |                        |             |
| 10,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         | F5          |           |                        |             |
| 11,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         | F4          |           |                        |             |
| 12,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         | F3          |           |                        |             |
| 13,0             |          |               |                   | Calcário brechificado revelando intensa fraturação (aspeto desagregado). Contém abundantes intercalações margosas de coloração avermelhada (mais expressivas entre os 10m e os 15m), quer em leitos, quer no preenchimento de juntas e fraturas. |         | F4          | W3-4      |                        |             |
| 14,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         | F5          |           |                        |             |
| 15,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         |             |           |                        |             |
| 16,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         | F5          |           |                        |             |
| 17,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         | F4-5        |           |                        |             |
| 18,0             |          |               |                   | Calcário compacto. Revela expressiva integridade. Observa-se estruturação frágil com inclinação de 45°. Cor bege a esbranquiçada.                                                                                                                |         | F4          | W2        |                        |             |
| 19,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                                                  |         | F3-4        |           |                        |             |
| 20,0             |          |               |                   | FIM DA SONDAGEM                                                                                                                                                                                                                                  |         |             |           |                        |             |

|              |  |                            |
|--------------|--|----------------------------|
| OBSERVAÇÕES: |  | DES: Pedro Araújo          |
|              |  | VERIF: Dr. Nelson Pinheiro |
|              |  | APROV:                     |



## SONDAGEM S4



Dos 0.00 aos 18.00 metros



| <div>Geoprolífero</div> <div>GEOTECNIA E CAPTAÇÃO DE ÁGUA LDA</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   | <div>ENTIDADE: VALOR IDEAL - INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA</div> <div>OBRA: EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA / RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA)</div> <div>PROCESSO: T1171</div>                 |         | <div>SONDAGEM</div> <div>S5</div>                                                                                         |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|---------------------------------------------|---------|-------------|-----------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|---|-----|--|--|--|--|--|--|--|----|---|-----|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|----|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|----|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|----|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|----|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|----|----|-----|--|--|--|--|--|--|--|----|----|------|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|---------|----|------|--|--|--|--|--|--|--|---------|----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|----|--|--|--|------|--|--|--|--|--|------|------|--|--|------|--|--|--|--|--|----|------|--|--|------|--|--|--|--|--|----|--|--|--|------|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|
| <div>LOCAL: LISBOA</div> <div>EXECUÇÃO: 03-05-2017</div> <div>EQUIPAMENTO: FLOWTEX FRANCE</div> <div>TIPO DE SONDAGEM: COLUNA DE TRADOS OCOS Ø 86 / 200 (DI/DE)</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |               |                   | <div>COORDENADAS</div> <div>M: -89370.7029</div> <div>P: -104159.0506</div> <div>Az:</div>                                                                                                                       |         | <div>PROFUNDIDADE (m): 22.00</div> <div>INCLINAÇÃO:</div> <div>COTA DA BOCA: 102.85</div> <div>COTA DO FUNDO: 80.85</div> |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| <table><tr><th>PROFUNDIDADE (m)</th><th>MANOBRAS</th><th>NÍVEL DA ÁGUA</th><th>COLUNA LITOLÓGICA</th><th>DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br/>NATUREZA DO TERRENO</th><th>FURAÇÃO</th><th>FRACTURAÇÃO</th><th>ALTERAÇÃO</th><th colspan="2">ENSAIOS SPT</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td><div><div>REC. (%)</div><div>R.Q.D. (%)</div><div></div></div></td><td><div>1.ª FASE (15 cm)</div><div>2.ª+3.ª FASE (30 cm)</div><div>PENETRAÇÃO (cm)</div></td></tr><tr><td>1,0</td><td></td><td></td><td></td><td>Aterro de regularização, constituído por terra vegetal argilo-margosa, contendo pequenos fragmentos cerâmicos. Presença de matéria orgânica.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td><td>8</td></tr><tr><td>3,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>11</td><td>7</td></tr><tr><td>4,0</td><td></td><td></td><td></td><td>Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relict, ainda que por vezes incipiente. Na base observam-se clastos angulosos de calcário. Cor bege a acastanhada.</td><td></td><td></td><td></td><td>14</td><td>40</td></tr><tr><td>5,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>21</td><td>55</td></tr><tr><td>6,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>16</td><td>54</td></tr><tr><td>7,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>14</td><td>60</td></tr><tr><td>8,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>25</td><td>60</td></tr><tr><td>9,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>28</td><td>60</td></tr><tr><td>10,0</td><td></td><td></td><td></td><td>Argilas margosas. Revelam estruturação sedimentar. A partir dos 10.50m contém abundantes clastos calcários de dimensão seixo, geralmente angulosos, dispersos na matriz pelítica. Cor avermelhada.</td><td></td><td></td><td></td><td>1ª FASE</td><td>60</td></tr><tr><td>11,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1ª FASE</td><td>60</td></tr><tr><td>12,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>13,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>14,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>15,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>16,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F4</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>17,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F4-5</td><td>W3-4</td><td></td><td></td></tr><tr><td>18,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F3</td><td>W3-2</td><td></td><td></td></tr><tr><td>19,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F4</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>20,0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F5</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Calcário brechificado revelando intensa fraturação (aspeto desagregado). Contém abundantes intercalações margosas de coloração avermelhada, quer em delgados leitos, quer no preenchimento de juntas e fraturas.</td><td></td><td>F3</td><td>W3-4</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F4-5</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>F4</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | PROFUNDIDADE (m)                                                                     | MANOBRAS                                                                               | NÍVEL DA ÁGUA | COLUNA LITOLÓGICA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br>NATUREZA DO TERRENO | FURAÇÃO | FRACTURAÇÃO | ALTERAÇÃO | ENSAIOS SPT |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <div><div>REC. (%)</div><div>R.Q.D. (%)</div><div></div></div> | <div>1.ª FASE (15 cm)</div> <div>2.ª+3.ª FASE (30 cm)</div> <div>PENETRAÇÃO (cm)</div> | 1,0 |  |  |  | Aterro de regularização, constituído por terra vegetal argilo-margosa, contendo pequenos fragmentos cerâmicos. Presença de matéria orgânica. |  |  |  |  |  | 2,0 |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 8 | 3,0 |  |  |  |  |  |  |  | 11 | 7 | 4,0 |  |  |  | Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relict, ainda que por vezes incipiente. Na base observam-se clastos angulosos de calcário. Cor bege a acastanhada. |  |  |  | 14 | 40 | 5,0 |  |  |  |  |  |  |  | 21 | 55 | 6,0 |  |  |  |  |  |  |  | 16 | 54 | 7,0 |  |  |  |  |  |  |  | 14 | 60 | 8,0 |  |  |  |  |  |  |  | 25 | 60 | 9,0 |  |  |  |  |  |  |  | 28 | 60 | 10,0 |  |  |  | Argilas margosas. Revelam estruturação sedimentar. A partir dos 10.50m contém abundantes clastos calcários de dimensão seixo, geralmente angulosos, dispersos na matriz pelítica. Cor avermelhada. |  |  |  | 1ª FASE | 60 | 11,0 |  |  |  |  |  |  |  | 1ª FASE | 60 | 12,0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 13,0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 14,0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 15,0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 16,0 |  |  |  |  |  | F4 |  |  |  | 17,0 |  |  |  |  |  | F4-5 | W3-4 |  |  | 18,0 |  |  |  |  |  | F3 | W3-2 |  |  | 19,0 |  |  |  |  |  | F4 |  |  |  | 20,0 |  |  |  |  |  | F5 |  |  |  |  |  |  |  | Calcário brechificado revelando intensa fraturação (aspeto desagregado). Contém abundantes intercalações margosas de coloração avermelhada, quer em delgados leitos, quer no preenchimento de juntas e fraturas. |  | F3 | W3-4 |  |  |  |  |  |  |  |  | F4-5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F4 |  |  |  |
| PROFUNDIDADE (m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | MANOBRAS | NÍVEL DA ÁGUA | COLUNA LITOLÓGICA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br>NATUREZA DO TERRENO                                                                                                                                                                      | FURAÇÃO | FRACTURAÇÃO                                                                                                               | ALTERAÇÃO | ENSAIOS SPT                                                                          |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | <div><div>REC. (%)</div><div>R.Q.D. (%)</div><div></div></div>                       | <div>1.ª FASE (15 cm)</div> <div>2.ª+3.ª FASE (30 cm)</div> <div>PENETRAÇÃO (cm)</div> |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 1,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   | Aterro de regularização, constituído por terra vegetal argilo-margosa, contendo pequenos fragmentos cerâmicos. Presença de matéria orgânica.                                                                     |         |                                                                                                                           |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 2,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | 2                                                                                    | 8                                                                                      |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 3,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | 11                                                                                   | 7                                                                                      |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 4,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   | Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relict, ainda que por vezes incipiente. Na base observam-se clastos angulosos de calcário. Cor bege a acastanhada.                           |         |                                                                                                                           |           | 14                                                                                   | 40                                                                                     |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 5,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | 21                                                                                   | 55                                                                                     |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 6,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | 16                                                                                   | 54                                                                                     |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 7,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | 14                                                                                   | 60                                                                                     |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 8,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | 25                                                                                   | 60                                                                                     |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 9,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | 28                                                                                   | 60                                                                                     |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 10,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   | Argilas margosas. Revelam estruturação sedimentar. A partir dos 10.50m contém abundantes clastos calcários de dimensão seixo, geralmente angulosos, dispersos na matriz pelítica. Cor avermelhada.               |         |                                                                                                                           |           | 1ª FASE                                                                              | 60                                                                                     |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 11,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | 1ª FASE                                                                              | 60                                                                                     |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 12,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 13,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 14,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 15,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 16,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         | F4                                                                                                                        |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 17,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         | F4-5                                                                                                                      | W3-4      |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 18,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         | F3                                                                                                                        | W3-2      |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 19,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         | F4                                                                                                                        |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| 20,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         | F5                                                                                                                        |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |               |                   | Calcário brechificado revelando intensa fraturação (aspeto desagregado). Contém abundantes intercalações margosas de coloração avermelhada, quer em delgados leitos, quer no preenchimento de juntas e fraturas. |         | F3                                                                                                                        | W3-4      |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         | F4-5                                                                                                                      |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         | F4                                                                                                                        |           |                                                                                      |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |
| <div>OBSERVAÇÕES:</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                  |         |                                                                                                                           |           | <div>DES: Pedro Araújo</div> <div>VERIF: Dr. Nelson Pinheiro</div> <div>APROV:</div> |                                                                                        |               |                   |                                             |         |             |           |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                |                                                                                        |     |  |  |  |                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |   |   |     |  |  |  |  |  |  |  |    |   |     |  |  |  |                                                                                                                                                                                        |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |     |  |  |  |  |  |  |  |    |    |      |  |  |  |                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |         |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |      |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                  |  |    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |



**GEOTECNIA E FUNDAÇÕES - SOLUÇÕES DE OBRAS EM ZONAS URBANAS**

|                                                                                   |  |  |  |                                                                         |  |                         |           |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------|-----------|--|
|  |  |  |  | ENTIDADE: VALOR IDEAL - INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA |  |                         | SONDAGEM  |  |
|                                                                                   |  |  |  | OBRA: EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA / RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA) |  |                         | <b>S5</b> |  |
|                                                                                   |  |  |  | PROCESSO: T1171                                                         |  |                         |           |  |
| LOCAL: LISBOA                                                                     |  |  |  | COORDENADAS                                                             |  | PROFUNDIDADE (m): 22.00 |           |  |
| EXECUÇÃO: 03-05-2017                                                              |  |  |  | M: -89370.7029                                                          |  | INCLINAÇÃO:             |           |  |
| EQUIPAMENTO: FLOWTEX FRANCE                                                       |  |  |  | P: -104159.0506                                                         |  | COTA DA BOCA: 102.85    |           |  |
| TIPO DE SONDAGEM: COLUNA DE TRADOS OCOS Ø 86 / 200 (DI/DE)                        |  |  |  | Az:                                                                     |  | COTA DO FUNDO: 88.85    |           |  |

| PROFUNDIDADE (m) | MANOBRAS | NÍVEL DA ÁGUA | COLUNA LITOLÓGICA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br>NATUREZA DO TERRENO                                                                                                                                                                             | FURAÇÃO | FRACTURAÇÃO | ALTERAÇÃO | ENSAIOS SPT |  |
|------------------|----------|---------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|-----------|-------------|--|
| 21,0             |          |               |                   | <b>Calcário brechificado revelando intensa fraturação (aspeto desagregado). Contém abundantes intercalações margosas de coloração avermelhada, quer em delgados leitos, quer no preenchimento de juntas e fraturas.</b> |         |             | <b>F4</b> |             |  |
| 22,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| FIM DA SONDAGEM  |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 23,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 24,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 25,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 26,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 27,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 28,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 29,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 30,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 31,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 32,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 33,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 34,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 35,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 36,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 37,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 38,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 39,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |
| 40,0             |          |               |                   |                                                                                                                                                                                                                         |         |             |           |             |  |

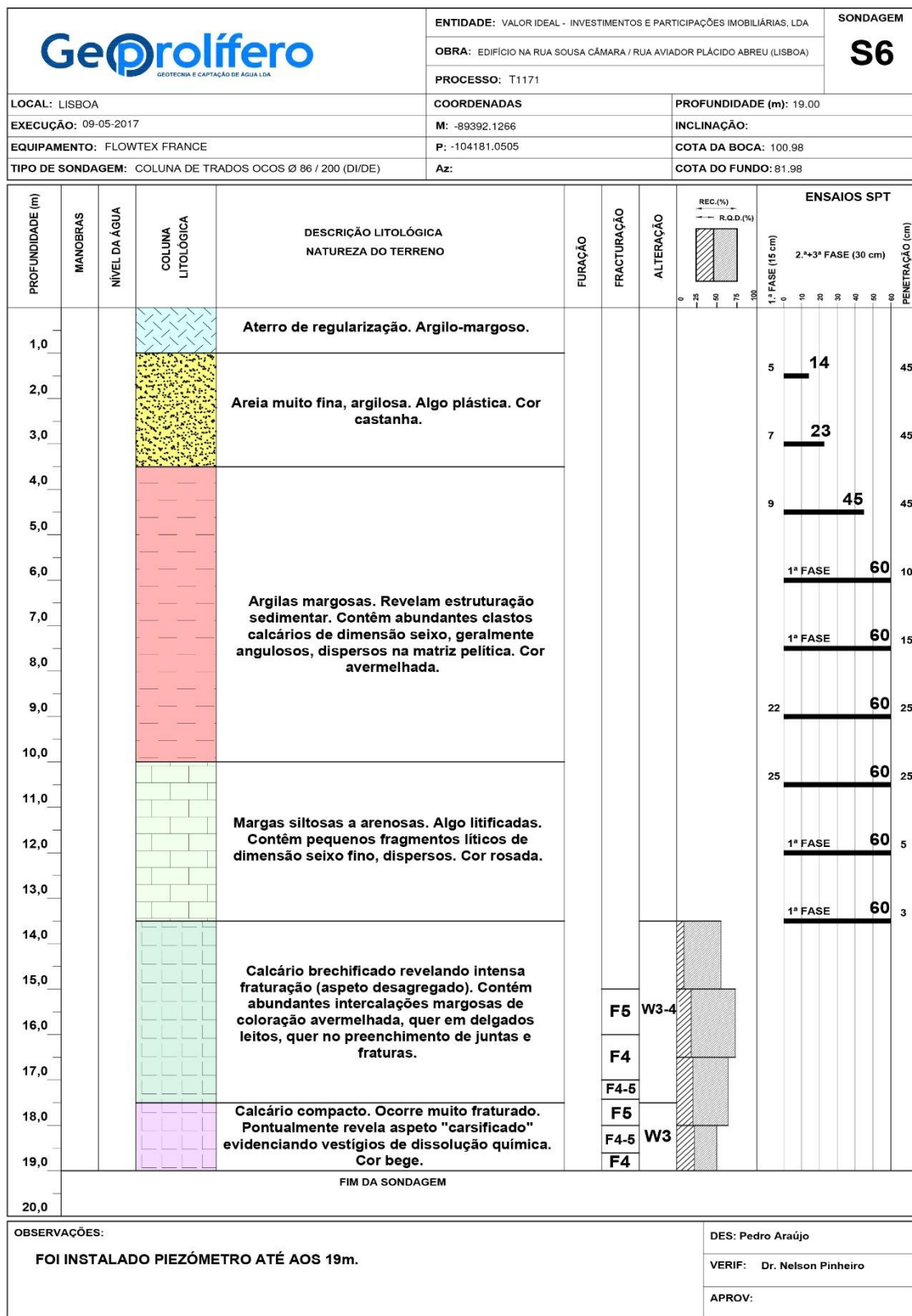
|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| OBSERVAÇÕES: | DES: Pedro Araújo          |
|              | VERIF: Dr. Nelson Pinheiro |
|              | APROV:                     |

**SONDAGEM S5**



Dos 0.00 aos 22.00 metros





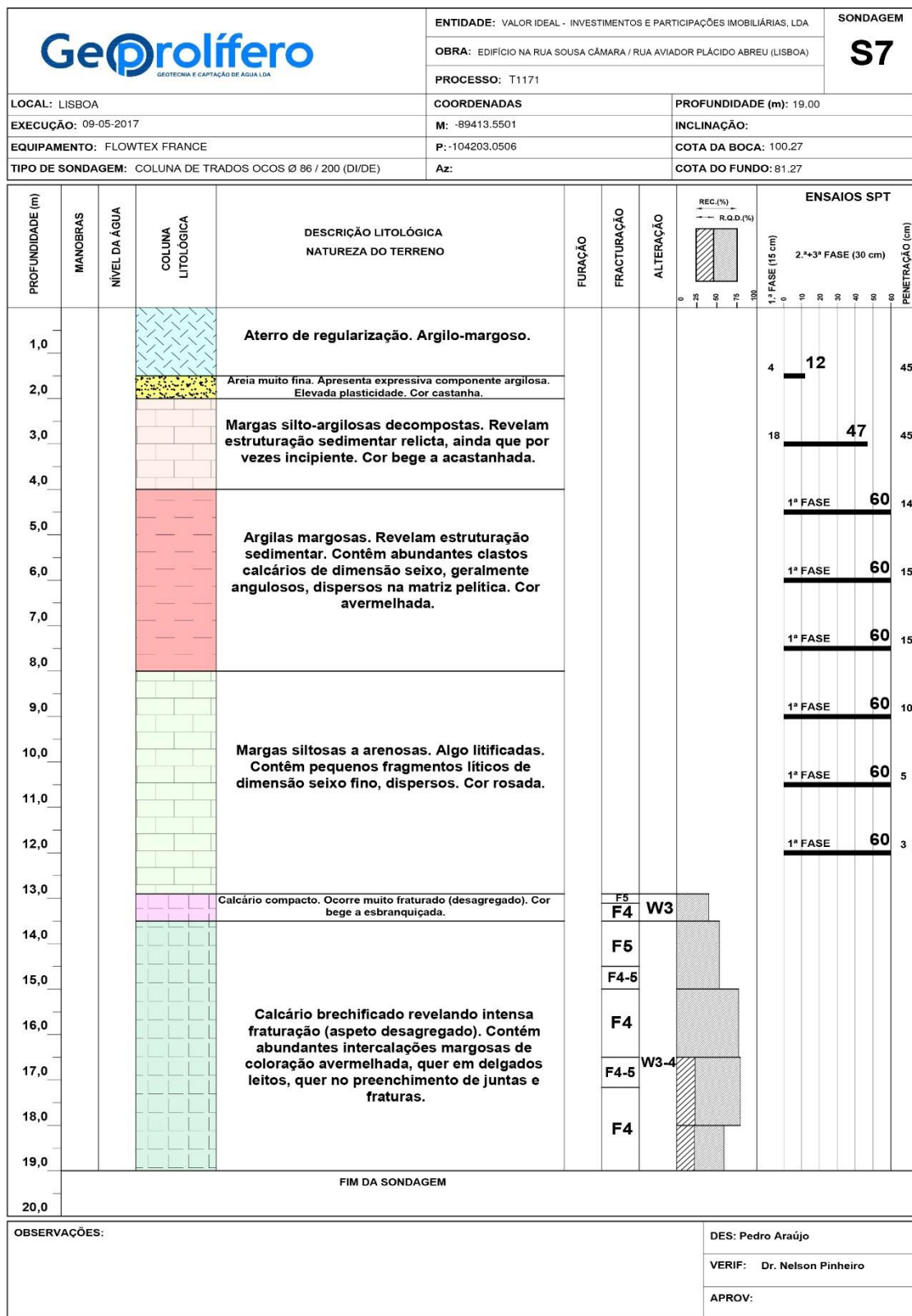
## SONDAGEM S6



**Dos 0.00 aos 19.00 metros**





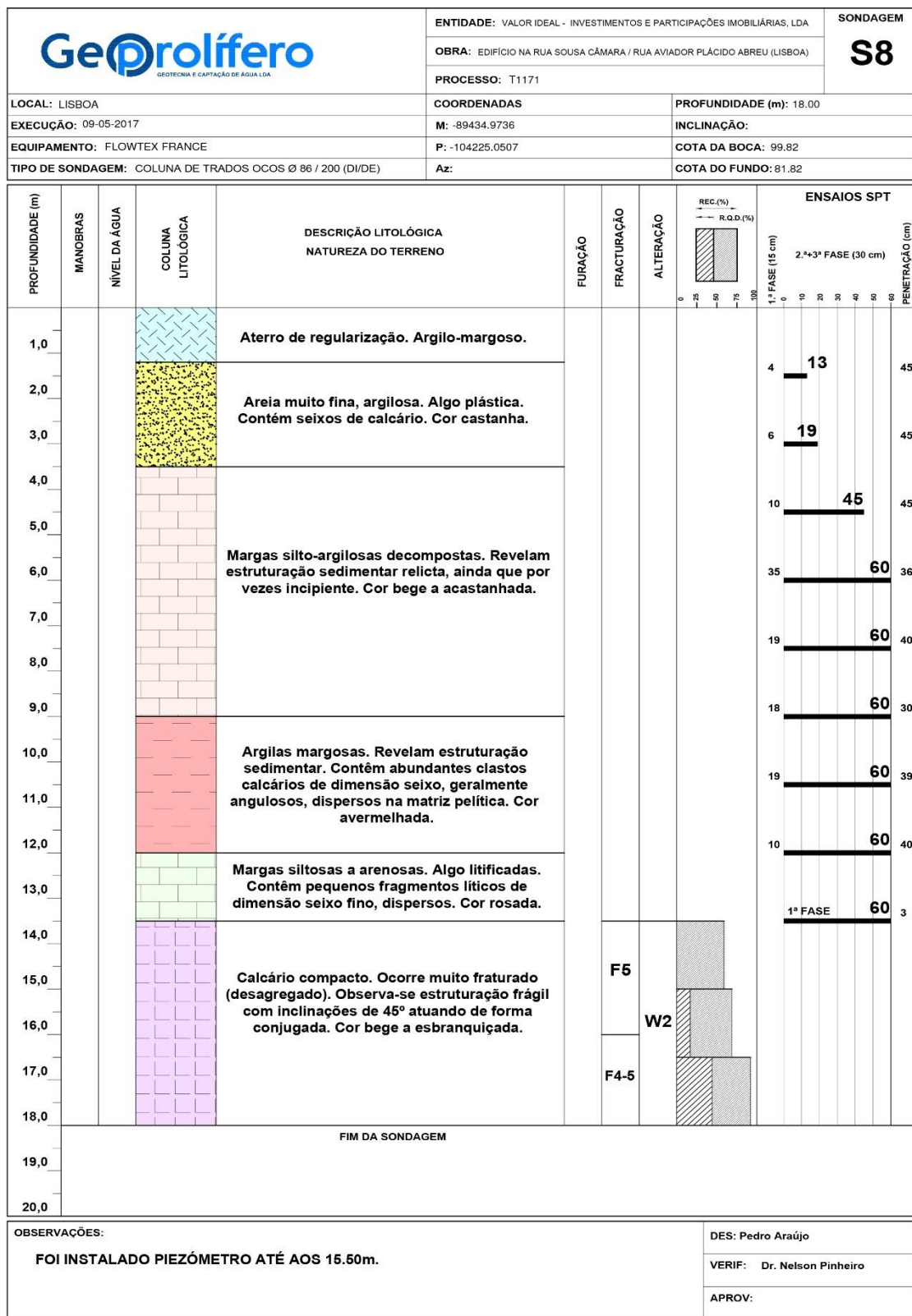


## SONDAGEM S7



**Dos 0.00 aos 19.00 metros**





### SONDAGEM S8



Dos 0.00 aos 18.00 metros

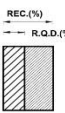




**GEOTECNIA E FUNDAÇÕES - SOLUÇÕES DE OBRAS EM ZONAS URBANAS**

|                                                                                   |  |  |  |                                                                         |  |                         |           |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------|-----------|--|
|  |  |  |  | ENTIDADE: VALOR IDEAL - INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA |  |                         | SONDAGEM  |  |
|                                                                                   |  |  |  | OBRA: EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA / RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA) |  |                         | <b>S9</b> |  |
|                                                                                   |  |  |  | PROCESSO: T1171                                                         |  |                         |           |  |
| LOCAL: LISBOA                                                                     |  |  |  | COORDENADAS                                                             |  | PROFUNDIDADE (m): 10.50 |           |  |
| EXECUÇÃO: 26-04-2017                                                              |  |  |  | M: -89336.6299                                                          |  | INCLINAÇÃO:             |           |  |
| EQUIPAMENTO: FLOWTEX FRANCE                                                       |  |  |  | P: -104198.7818                                                         |  | COTA DA BOCA: 102.11    |           |  |
| TIPO DE SONDAGEM: COLUNA DE TRADOS OCOS Ø 86 / 200 (DI/DE)                        |  |  |  | Az:                                                                     |  | COTA DO FUNDO: 91.61    |           |  |

| PROFUNDIDADE (m) | MANOBRAS        | NÍVEL DA ÁGUA | COLUNA LITOLÓGICA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br>NATUREZA DO TERRENO                                                                                           | FURAÇÃO | FRACTURAÇÃO | ALTERAÇÃO |  | <b>ENSAIOS SPT</b><br>1.ª FASE (15 cm)<br>2.ª+3.ª FASE (30 cm)<br>PENETRAÇÃO (cm) |    |
|------------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1,0              |                 |               |                   | Aterro argiloso com abundante componente arenosa. Revela plasticidade aparente em amostra-de-mão.                                     |         |             |           | 2                                                                                   | 7                                                                                 | 45 |
| 2,0              |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           | 5                                                                                   | 24                                                                                | 45 |
| 3,0              |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           | 4                                                                                   | 17                                                                                | 45 |
| 4,0              |                 |               |                   | Areia muito fina, silto-argilosa. Comportamento plástico. Cor cinzenta escura.                                                        |         |             |           | 8                                                                                   | 26                                                                                | 45 |
| 5,0              |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           | 22                                                                                  | 60                                                                                | 30 |
| 6,0              |                 |               |                   | Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relictas, ainda que por vezes incipiente. Cor bege a acastanhada. |         |             |           | 19                                                                                  | 60                                                                                | 36 |
| 7,0              |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           | 24                                                                                  | 60                                                                                | 35 |
| 8,0              |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 9,0              |                 |               |                   | Argilas margosas. Revelam estruturação sedimentar. Cor castanha.                                                                      |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 10,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 11,0             | FIM DA SONDAGEM |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 12,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 13,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 14,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 15,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 16,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 17,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 18,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 19,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |
| 20,0             |                 |               |                   |                                                                                                                                       |         |             |           |                                                                                     |                                                                                   |    |

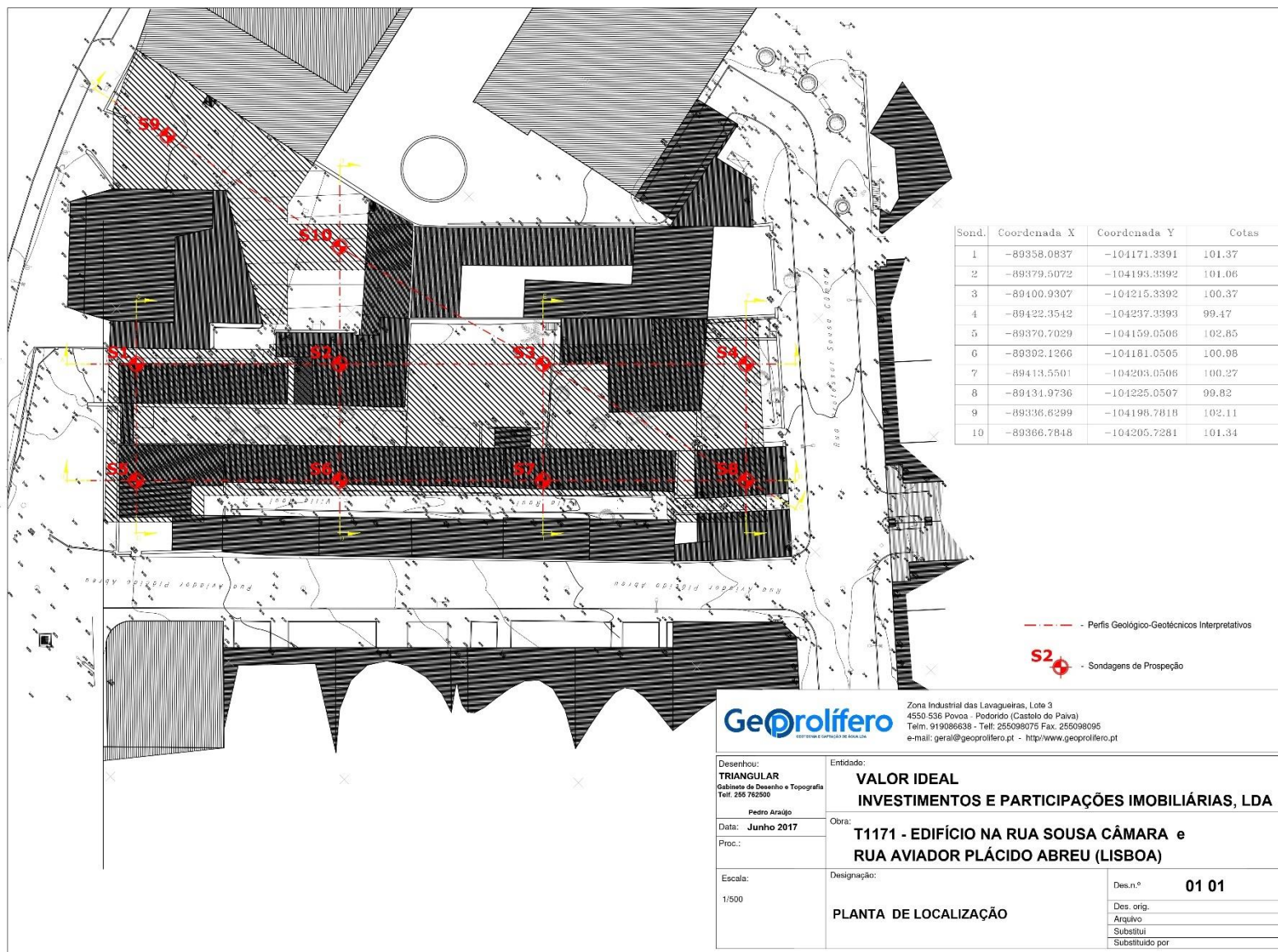
|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| OBSERVAÇÕES: | DES: Pedro Araújo          |
|              | VERIF: Dr. Nelson Pinheiro |
|              | APROV:                     |

**FOI INSTALADO PIEZÓMETRO ATÉ AOS 10.50m.**

|                                                                      |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
|----------------------------------------------------------------------|----------|---------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------|-----------|----------------------------|--|
| <div>Geoprolífero</div> <div>GEOTECNIA E CAPTAÇÃO DE ÁGUA, LDA</div> |          |               |                   | ENTIDADE: VALOR IDEAL - INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA                                                                                                        |         |                         | SONDAGEM  |                            |  |
|                                                                      |          |               |                   | OBRA: EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA / RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA)                                                                                                        |         |                         | S10       |                            |  |
|                                                                      |          |               |                   | PROCESSO: T1171                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| LOCAL: LISBOA                                                        |          |               | COORDENADAS       |                                                                                                                                                                                |         | PROFUNDIDADE (m): 12.00 |           |                            |  |
| EXECUÇÃO: 27-04-2017                                                 |          |               | M: -89366.7848    |                                                                                                                                                                                |         | INCLINAÇÃO:             |           |                            |  |
| EQUIPAMENTO: FLOWTEX FRANCE                                          |          |               | P: -104205.7281   |                                                                                                                                                                                |         | COTA DA BOCA: 101.34    |           |                            |  |
| TIPO DE SONDAGEM: COLUNA DE TRADOS OCOS Ø 86 / 200 (DI/DE)           |          |               | Az:               |                                                                                                                                                                                |         | COTA DO FUNDO: 89.34    |           |                            |  |
| PROFUNDIDADE (m)                                                     | MANOBRAS | NÍVEL DA ÁGUA | COLUNA LITOLÓGICA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA<br>NATUREZA DO TERRENO                                                                                                                                    | FURAÇÃO | FRACTURAÇÃO             | ALTERAÇÃO | ENSAIOS SPT                |  |
| 1,0                                                                  |          |               |                   | Aterro argiloso com abundante componente arenosa. Revela plasticidade aparente em amostra-de-mão.                                                                              |         |                         |           |                            |  |
| 2,0                                                                  |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 3,0                                                                  |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 4,0                                                                  |          |               |                   | Areia muito fina, silto-argilosa. Comportamento plástico. Cor cinzenta escura.                                                                                                 |         |                         |           |                            |  |
| 5,0                                                                  |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 6,0                                                                  |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 7,0                                                                  |          |               |                   | Margas silto-argilosas decompostas. Revelam estruturação sedimentar relict, ainda que por vezes incipiente. Cor bege a acastanhada.                                            |         |                         |           |                            |  |
| 8,0                                                                  |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 9,0                                                                  |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 10,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 11,0                                                                 |          |               |                   | Argilas margosas. Revelam estruturação sedimentar. Contêm abundantes clastos calcários de dimensão seixo, geralmente angulosos, dispersos na matriz pelítica. Cor avermelhada. |         |                         |           |                            |  |
| 12,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
|                                                                      |          |               |                   | FIM DA SONDAGEM                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 13,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 14,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 15,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 16,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 17,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 18,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 19,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| 20,0                                                                 |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           |                            |  |
| OBSERVAÇÕES:                                                         |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           | DES: Pedro Araújo          |  |
|                                                                      |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           | VERIF: Dr. Nelson Pinheiro |  |
|                                                                      |          |               |                   |                                                                                                                                                                                |         |                         |           | APROV:                     |  |

## PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DOS TRABALHOS DE PROSPECÇÃO

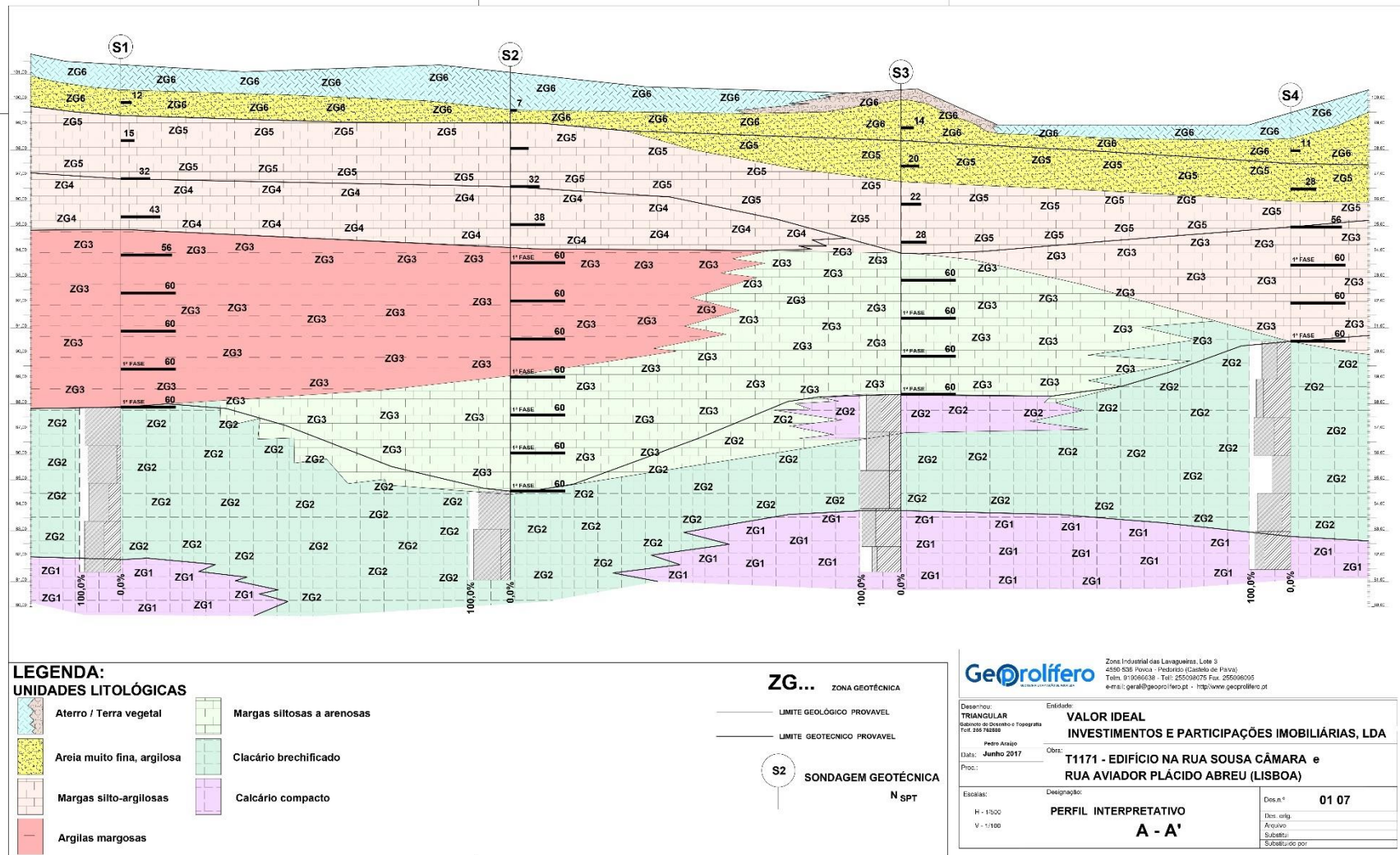


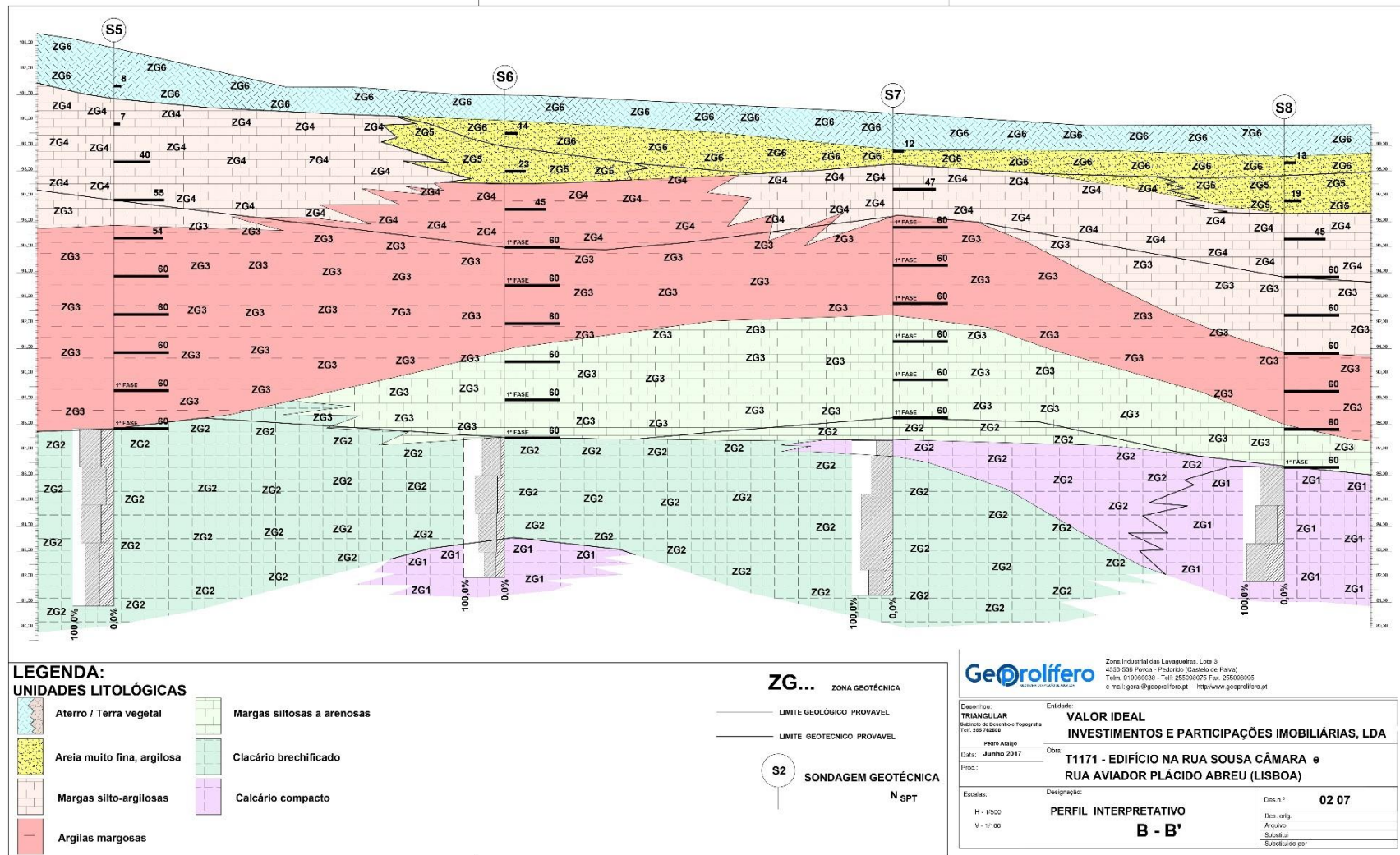


## PERFIS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS INTERPRETATIVOS

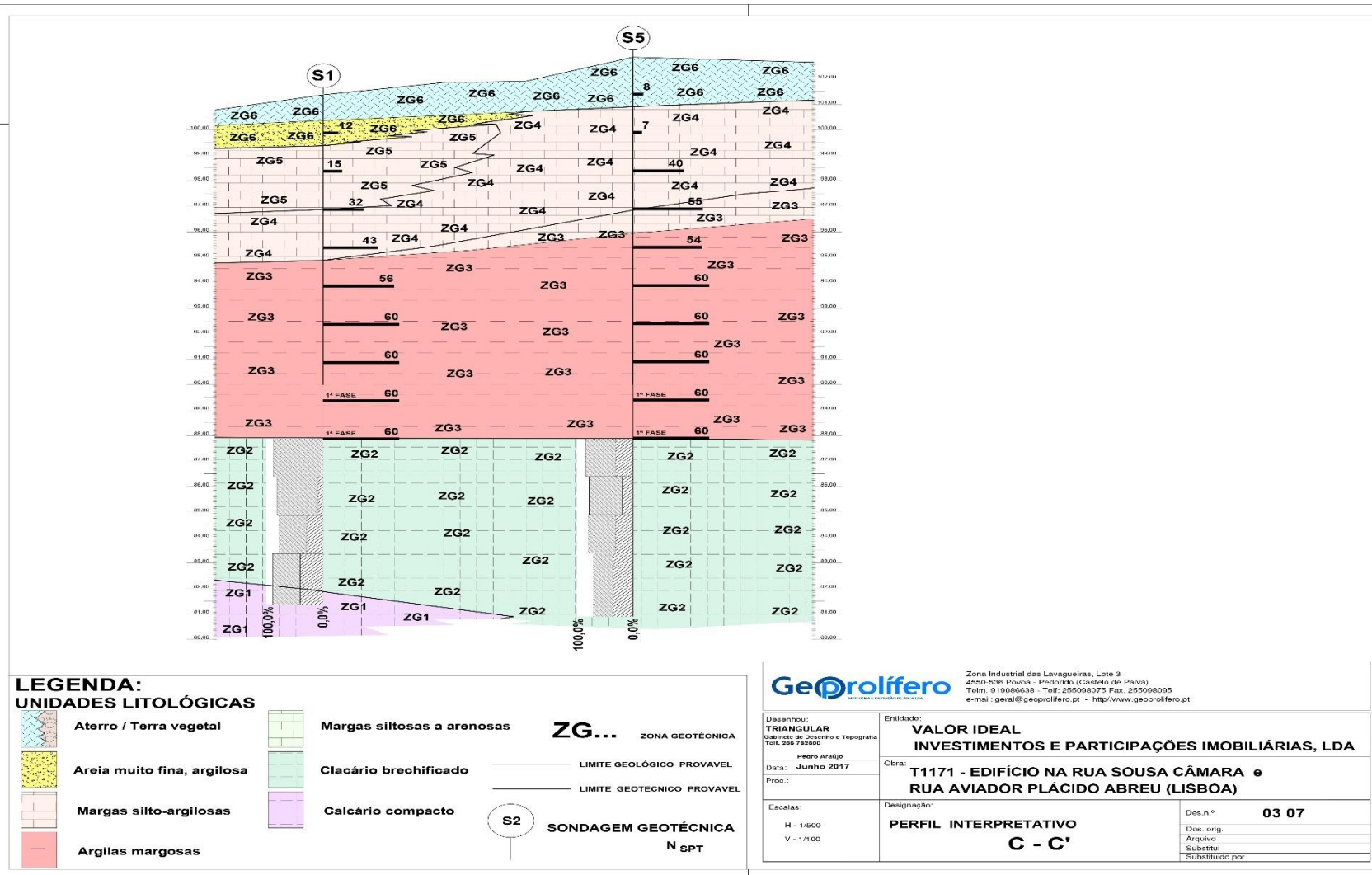




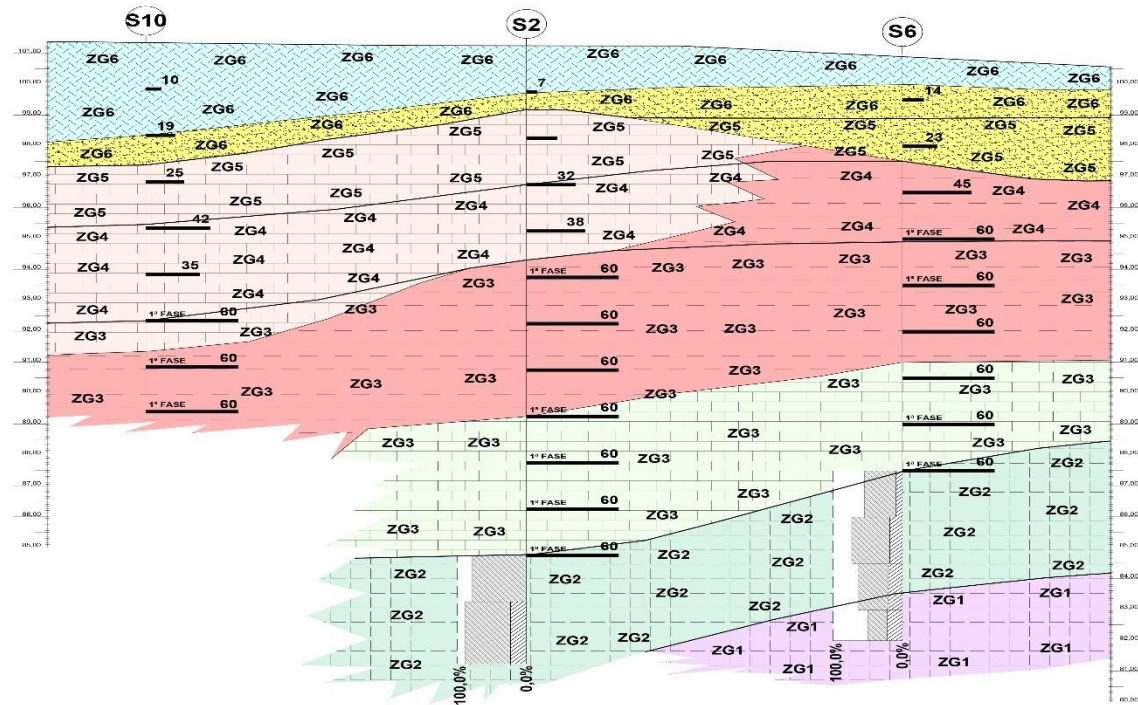












**LEGENDA:**  
**UNIDADES LITOLÓGICAS**

|  |                            |  |                             |              |                              |
|--|----------------------------|--|-----------------------------|--------------|------------------------------|
|  | Aterro / Terra vegetal     |  | Margas silteosas a arenosas | <b>ZG...</b> | ZONA GEOTÉCNICA              |
|  | Areia muito fina, argilosa |  | Clacário brechificado       | —            | LIMITE GEOLÓGICO PROVAVEL    |
|  | Margas silto-argilosas     |  | Calcário compacto           | —            | LIMITE GEOTÉCNICO PROVAVEL   |
|  | Argilas margosas           |  |                             |              | SONDAGEM GEOTÉCNICA<br>N SPT |

**Geoprolífero**  
SOLUÇÕES DE GEOTECNIA E FUNDAÇÕES

Zona Industrial das Lavagueiras, Lote 3  
4550-536 Póvoa - Pedrido (Castelo de Paiva)  
Telm. 910098038 - Telex: 255098075 Fax: 255098005  
e-mail: geral@geoprolifero.pt - http://www.geoprolifero.pt

|                                                                                         |                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desenhado:<br><b>TRIANGULAR</b><br>Geodesta de Desenho e Topografia<br>Telm. 255 762880 | Entidade:<br><b>VALOR IDEAL</b><br><b>INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA</b>           |
| Data: Junho 2017<br>Proc.:                                                              | Obra:<br><b>T1171 - EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA e</b><br><b>RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA)</b> |
| Escala:<br>H - 1/500<br>V - 1/100                                                       | Designação:<br><b>PERFIL INTERPRETATIVO</b><br><b>D - D'</b>                                        |
|                                                                                         | Des.n.º <b>04 07</b><br>Des. orig.<br>Arquivo<br>Substituído por                                    |



**Margas siltosas a arenosas**

**Clacário brechificado**

**Calcário compacto**

**ZG...** ZONA GEOTÉCNICA

— LIMITE GEOLÓGICO PROVAVEL

— LIMITE GEOTECNICO PROVAVEL

**SONDAGEM GEOTÉCNICA**

**N SPT**

**Ge@rolífero**  
SOCIEDADE DE CRIAÇÃO DE ALGAS LEM

Zona Industrial das Lavagueiras, Lote 3  
4550-536 Povoa - Pedrido (Castelo de Paiva)  
Telm. 919086638 - Telf: 255098075 Fax: 255098095  
e-mail: geral@geoprolifero.pt - <http://www.geoprolifero.pt>

Desenhou: **TRIANGULAR**  
Gabinete de Desenho  
Telef. 255 762600

Pedro Araújo

Data: **Junho 2000**

|         |
|---------|
| Entidad |
|---------|

**VALOR IDEAL**  
**INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA**

Obra: **T1171 - EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA e RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA)**

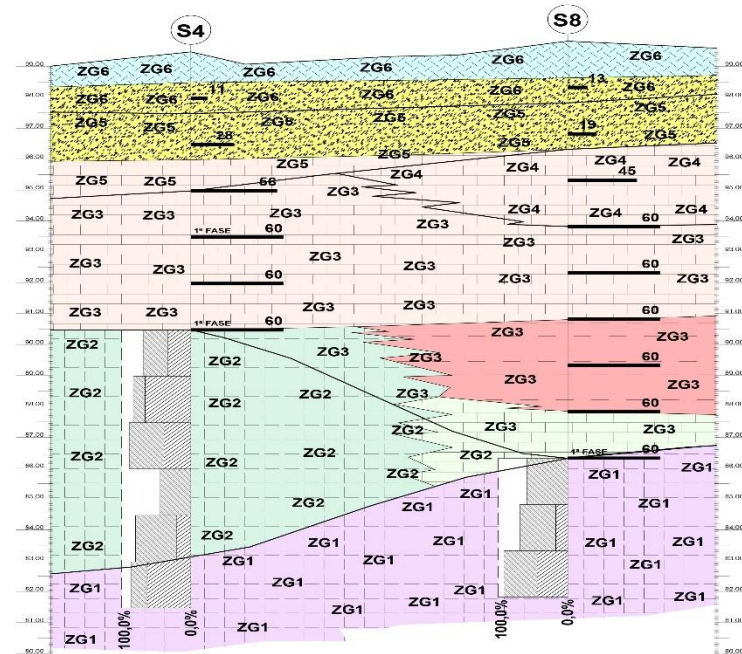
Escalas:

|             |  |
|-------------|--|
| Designação: |  |
|-------------|--|

**PERFIL INTERPRETATIVO**  
**E - E'**

Des.n.º **05 07**

|                 |
|-----------------|
| Des. orig.      |
| Arquivo         |
| Substitui       |
| Substituido por |



**LEGENDA:**  
**UNIDADES LITOLÓGICAS**

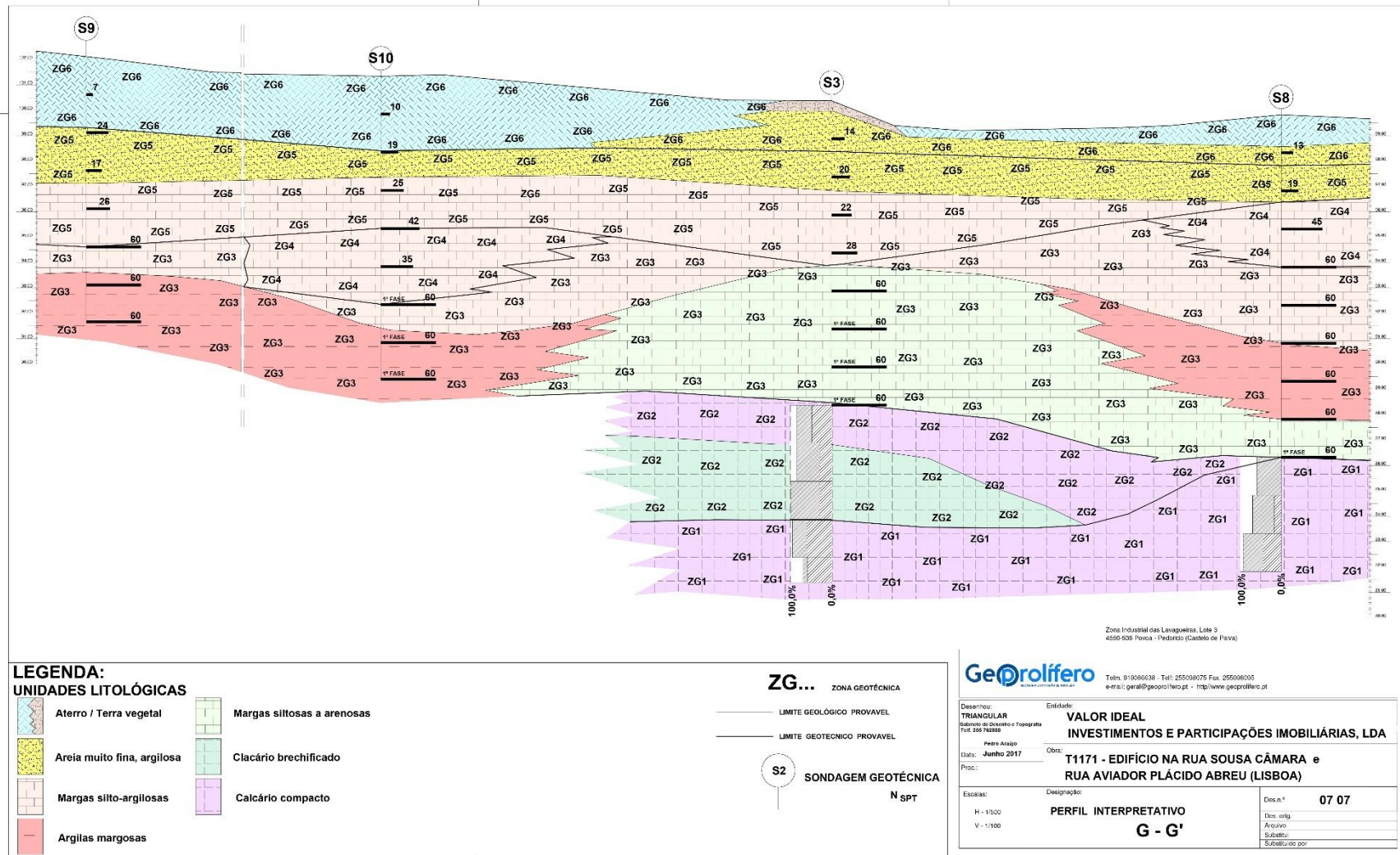
|  |                            |  |                             |              |                                     |
|--|----------------------------|--|-----------------------------|--------------|-------------------------------------|
|  | Aterro / Terra vegetal     |  | Margas silteosas a arenosas | <b>ZG...</b> | ZONA GEOTÉCNICA                     |
|  | Areia muito fina, argilosa |  | Clacário brechificado       | —            | LIMITE GEOLÓGICO PROVAVEL           |
|  | Margas silto-argilosas     |  | Calcário compacto           | —            | LIMITE GEOTÉCNICO PROVAVEL          |
|  | Argilas margosas           |  |                             |              | <b>S2 SONDAGEM GEOTÉCNICA N SPT</b> |

**Geoprolífero**  
SOLUÇÕES EM GEOTECNIA E GEOPROFILO

Zona Industrial das Lavagueiras, Lote 3  
4550-536 Póvoa - Pedrido (Castelo de Paiva)  
Telm. 010080038 - Tel.: 255098075 Fax. 255098005  
e-mail: geral@geoprolifero.pt - http://www.geoprolifero.pt

|                                                                                       |                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desenhado:<br><b>TRIANGULAR</b><br>Básico de Desenho e Topografia<br>Telm. 255 762880 | Entidade:<br><b>VALOR IDEAL</b><br><b>INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES IMOBILIÁRIAS, LDA</b>           |
| Desenho:<br>Pedro Araújo<br>Data: Junho 2017<br>Proc.:                                | Obra:<br><b>T1171 - EDIFÍCIO NA RUA SOUSA CÂMARA e</b><br><b>RUA AVIADOR PLÁCIDO ABREU (LISBOA)</b> |
| Escala:<br>H - 1/500<br>V - 1/100                                                     | Designação:<br><b>PERFIL INTERPRETATIVO</b><br><b>F - F'</b>                                        |
|                                                                                       | Des.n.º<br><b>06 07</b><br>Des. orig.<br>Arquivo<br>Substituído por                                 |





## **Anexo 2- Memória de Cálculo**

nº do projeto: 3346  
 projeto: Lx Living  
 título: C1



## Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                             |      |                                |      |
|-----------------------------|------|--------------------------------|------|
| Altura provisória [m]       | 5,39 | Peso volúmico do betão [kN/m³] | 25,0 |
| Espessura do muro [m]       | 0,40 | Sobrecarga [kPa]               | 10,0 |
| Sobre-espessura do muro [m] | 0,10 |                                |      |

## Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 2,30       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 4,24       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |

Adicionar Linha
 Remover Linha

## Caraterísticas das microestacas

|                |             |                                              |      |
|----------------|-------------|----------------------------------------------|------|
| Microestacas   | 114,3 x 9,0 | Espaçamento entre microestacas [m]           | 2,50 |
| $f_{yd}$ [MPa] | 552         | Comprimento de encurvadura [m]               | 1,15 |
| Inércia [cm⁴]  | 415,67      | Espessura de corrosão [mm]                   | 0,00 |
| Peso [kg/m]    | 23,37       | Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] | 1,80 |

## Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{\text{útil}}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550                    | 2,50                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550                    | 2,50                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha
 Remover Linha

## Resultados e Verificações

## Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,3   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 29               | 5                   | 77        |
| 2       | 4,2   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 26               | 4                   | 127       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 205 kN/m

## Ancoragens

|    |                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Impulso de terras: 205 kN/m<br>Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 381 kN/m |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|

## Microestacas

|                                                                                  |                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OK                                                                               | Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 934 kN<br>Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1383 kN |
| OK                                                                               | Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 981 kN<br>Capacidade resistente à compressão simples: 1643 kN          |
| Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem: $N_{ed, selagem} = 1358$ kN |                                                                                                                                   |

|                                                                                         |                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>n° do projeto:</b> 3346<br/> <b>projeto:</b> Lx Living<br/> <b>título:</b> C2</p> | <br><b>AdFGEO</b><br><small>CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.</small> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                                                                                              |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Altura provisória [m] 5,96<br>Espessura do muro [m] 0,40<br>Sobre-espessura do muro [m] 0,10 | Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0<br>Sobrecarga [kPa] 10,0 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 2,00       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 4,40       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |

Adicionar Linha    Remover Linha

Caraterísticas das microestacas

|                                                                                             |                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Microestacas 114,3 x 9,0<br>$f_{yd}$ [MPa] 552<br>Inércia [cm⁴] 415,67<br>Peso [kg/m] 23,37 | Espaçamento entre microestacas [m] 2,50<br>Comprimento de encurvadura [m] 0,44<br>Espessura de corrosão [mm] 0,00<br>Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{util}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550             | 2,50                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550             | 2,50                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha    Remover Linha

Resultados e Verificações

Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,0   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 28               | 5                   | 66        |
| 2       | 4,4   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 25               | 4                   | 130       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 196 kN/m

Ancoragens

|    |                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Impulso de terras: 196 kN/m<br>Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 381 kN/m |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|

Microestacas

|    |                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 957 kN<br>Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1643 kN |
| OK | Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 975 kN<br>Capacidade resistente à compressão simples: 1643 kN          |

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 1350$  kN



nº do projeto: 3346  
 projeto: Lx Living  
 título: C2'



## Geometria e cargas

Calcular

Reset

Altura provisória [m] 5,69      Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0  
 Espessura do muro [m] 0,40      Sobrecarga [kPa] 10,0  
 Sobre-espessura do muro [m] 0,10

## Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 2,10       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 4,52       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |

Adicionar Linha

Remover Linha

## Caraterísticas das microestacas

Microestacas 114,3 x 9,0      Espaçamento entre microestacas [m] 2,50  
 $f_{yd}$  [MPa] 552      Comprimento de encurvadura [m] 0,93  
 Inércia [cm⁴] 415,67      Espessura de corrosão [mm] 0,00  
 Peso [kg/m] 23,37      Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80

## Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{util}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550             | 2,50                             | 20               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550             | 2,50                             | 20               | 31,0             | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha

Remover Linha

## Resultados e Verificações

## Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,1   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 29               | 5                   | 71        |
| 2       | 4,5   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 26               | 4                   | 137       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 208 kN/m

## Ancoragens

OK

Impulso de terras: 208 kN/m  
 Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 413 kN/m

## Microestacas

OK

Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 476 kN  
 Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1469 kN

OK

Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 513 kN  
 Capacidade resistente à compressão simples: 1643 kN

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 711$  kN

|                                                                                         |                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>nº do projeto:</b> 3346<br/> <b>projeto:</b> Lx Living<br/> <b>título:</b> C3</p> | <br><b>AdFGEO</b><br><small>CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.</small> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Geometria e cargas**

Calcular

Reset

|                                                                                                                    |                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Altura provisória [m] <b>11,60</b><br>Espessura do muro [m] <b>0,40</b><br>Sobre-espessura do muro [m] <b>0,10</b> | Peso volúmico do betão [kN/m³] <b>25,0</b><br>Sobrecarga [kPa] <b>10,0</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|

**Parâmetros geotécnicos do solo a conter**

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 3,50       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 3,00       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |
| 3       | 6,52       | 21,00             | 30,00        | 0,238  |

Adicionar Linha    Remover Linha

**Caraterísticas das microestacas**

|                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Microestacas <b>139,7 x 11,0</b><br>$f_{yd}$ [MPa] <b>552</b><br>Inércia [cm⁴] <b>927,58</b><br>Peso [kg/m] <b>34,91</b> | Espaçamento entre microestacas [m] <b>2,50</b><br>Comprimento de encurvadura [m] <b>1,42</b><br>Espessura de corrosão [mm] <b>0,00</b><br>Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] <b>1,80</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Caraterísticas das ancoragens**

| Nível | P <sub>útil</sub> [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550                    | 2,50                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550                    | 2,50                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 3     | 550                    | 2,50                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 4     | 550                    | 2,50                             | 25               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha    Remover Linha

**Resultados e Verificações**

**Terras**

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 3,5   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 57               | 5                   | 217       |
| 2       | 3,0   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 51               | 4                   | 167       |
| 3       | 6,5   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 13               | 3                   | 105       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 489 kN/m

**Ancoragens**

|    |                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Impulso de terras: 489 kN/m<br>Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 798 kN/m |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|

**Microestacas**

|                                                                                  |                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OK                                                                               | Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 1378 kN<br>Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 2059 kN |
| OK                                                                               | Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 1435 kN<br>Capacidade resistente à compressão simples: 2455 kN          |
| Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem: $N_{ed, selagem} = 1988$ kN |                                                                                                                                    |

**nº do projeto:** 3346  
**projeto:** Lx Living  
**título:** C3'

  
**AdFGeo**  
CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.

**Geometria e cargas**

Calcular

Reset

|                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| Altura provisória [m] 11,78      | Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0 |
| Espessura do muro [m] 0,40       | Sobrecarga [kPa] 10,0               |
| Sobre-espessura do muro [m] 0,10 |                                     |

**Parâmetros geotécnicos do solo a conter**

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 3,50       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 3,00       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |
| 3       | 7,40       | 21,00             | 30,00        | 0,238  |

Adicionar Linha
Remover Linha

**Caraterísticas das microestacas**

|                           |                                                   |
|---------------------------|---------------------------------------------------|
| Microestacas 139,7 x 11,0 | Espaçamento entre microestacas [m] 2,50           |
| $f_{yd}$ [MPa] 552        | Comprimento de encurvadura [m] 2,12               |
| Inércia [cm⁴] 927,58      | Espessura de corrosão [mm] 0,00                   |
| Peso [kg/m] 34,91         | Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80 |

**Caraterísticas das ancoragens**

| Nível | $P_{util}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550             | 2,50                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550             | 2,50                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 3     | 550             | 2,50                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 4     | 550             | 2,50                             | 25               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha
Remover Linha

**Resultados e Verificações**

**Terras**

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 3,5   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 61               | 5                   | 231       |
| 2       | 3,0   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 55               | 4                   | 177       |
| 3       | 7,4   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 16               | 3                   | 140       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 548 kN/m

**Ancoragens**

OK

Impulso de terras: 548 kN/m

Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 798 kN/m

**Microestacas**

OK

Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 1385 kN

Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1691 kN

OK

Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 1471 kN

Capacidade resistente à compressão simples: 2455 kN

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 2037$  kN

**nº do projeto:** 3346  
**projeto:** Lx Living  
**título:** C3"

  
**AdFGeo**  
CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.

Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                                                                                               |                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Altura provisória [m] 11,93<br>Espessura do muro [m] 0,40<br>Sobre-espessura do muro [m] 0,10 | Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0<br>Sobrecarga [kPa] 10,0 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 3,50       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 3,00       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |
| 3       | 8,18       | 21,00             | 30,00        | 0,238  |

Adicionar Linha
Remover Linha

Caraterísticas das microestacas

|                                                                                              |                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Microestacas 139,7 x 11,0<br>$f_{yd}$ [MPa] 552<br>Inércia [cm⁴] 927,58<br>Peso [kg/m] 34,91 | Espaçamento entre microestacas [m] 2,50<br>Comprimento de encurvadura [m] 2,75<br>Espessura de corrosão [mm] 0,00<br>Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{útil}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550             | 2,50                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550             | 2,50                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 3     | 550             | 2,50                             | 25               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |
| 4     | 550             | 2,50                             | 25               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha
Remover Linha

Resultados e Verificações

Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 3,5   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 64               | 5                   | 243       |
| 2       | 3,0   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 58               | 4                   | 187       |
| 3       | 8,2   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 18               | 3                   | 176       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 605 kN/m

Ancoragens

OK

Impulso de terras: 605 kN/m  
 Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 798 kN/m

Microestacas

OK

Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 1089 kN  
 Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1350 kN

OK

Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 1201 kN  
 Capacidade resistente à compressão simples: 2455 kN

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 1663$  kN



**nº do projeto:** 3346

**projeto:** Lx Living

**título:** C4



**AdFGEO**  
CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.

## Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                                                                                               |                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Altura provisória [m] 11,86<br>Espessura do muro [m] 0,40<br>Sobre-espessura do muro [m] 0,10 | Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0<br>Sobrecarga [kPa] 10,0 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

## Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 2,00       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 5,00       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |
| 3       | 9,06       | 21,00             | 30,00        | 0,238  |

Adicionar Linha
Remover Linha

## Características das microestacas

|                                                                                              |                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Microestacas 139,7 x 11,0<br>$f_{yd}$ [MPa] 552<br>Inércia [cm⁴] 927,58<br>Peso [kg/m] 34,91 | Espaçamento entre microestacas [m] 2,80<br>Comprimento de encurvadura [m] 2,94<br>Espessura de corrosão [mm] 0,00<br>Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Características das ancoragens

| Nível | $P_{util}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550             | 2,80                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550             | 2,80                             | 30               | 20,7             | Ancoragens ativadas                            |
| 3     | 550             | 2,80                             | 30               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |
| 4     | 550             | 2,80                             | 30               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |
| 5     | 550             | 5,60                             | 30               | 38,0             | Ancoragens desativadas                         |

Adicionar Linha
Remover Linha

## Resultados e Verificações

## Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,0   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 71               | 5                   | 151       |
| 2       | 5,0   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 63               | 4                   | 338       |
| 3       | 9,1   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 23               | 3                   | 235       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 724 kN/m

## Ancoragens

OK

Impulso de terras: 724 kN/m  
 Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 766 kN/m

## Microestacas

OK

Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 1075 kN  
 Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1255 kN

OK

Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 1266 kN  
 Capacidade resistente à compressão simples: 2455 kN

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 1822$  kN

|                                                                                         |                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>nº do projeto:</b> 3346<br/> <b>projeto:</b> Lx Living<br/> <b>título:</b> C5</p> | <br><b>AdFGEO</b><br><small>CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.</small> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Geometria e cargas**

Calcular

Reset

|                                                                                               |                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Altura provisória [m] 11,81<br>Espessura do muro [m] 0,40<br>Sobre-espessura do muro [m] 0,10 | Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0<br>Sobrecarga [kPa] 10,0 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

**Parâmetros geotécnicos do solo a conter**

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 2,00       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 4,50       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |
| 3       | 9,51       | 21,00             | 30,00        | 0,238  |

Adicionar Linha    Remover Linha

**Caraterísticas das microestacas**

|                                                                                              |                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Microestacas 139,7 x 11,0<br>$f_{yd}$ [MPa] 552<br>Inércia [cm⁴] 927,58<br>Peso [kg/m] 34,91 | Espaçamento entre microestacas [m] 3,00<br>Comprimento de encurvadura [m] 2,94<br>Espessura de corrosão [mm] 0,00<br>Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Caraterísticas das ancoragens**

| Nível | $P_{util}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550             | 3,00                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550             | 3,00                             | 25               | 20,7             | Ancoragens ativadas                            |
| 3     | 550             | 3,00                             | 25               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |
| 4     | 550             | 3,00                             | 25               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |
| 5     | 550             | 6,00                             | 25               | 38,0             | Ancoragens desativadas                         |

Adicionar Linha    Remover Linha

**Resultados e Verificações**

**Terras**

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,0   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 70               | 5                   | 150       |
| 2       | 4,5   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 63               | 4                   | 304       |
| 3       | 9,5   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 23               | 3                   | 245       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 699 kN/m

**Ancoragens**

|    |                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Impulso de terras: 699 kN/m<br>Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 748 kN/m |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|

**Microestacas**

|    |                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 992 kN<br>Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1255 kN |
| OK | Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 1197 kN<br>Capacidade resistente à compressão simples: 2455 kN         |

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 1729$  kN

nº do projeto: 3346  
 projeto: Lx Living  
 título: C6



## Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                             |      |                                |       |
|-----------------------------|------|--------------------------------|-------|
| Altura provisória [m]       | 3,00 | Peso volúmico do betão [kN/m³] | 25,0  |
| Espessura do muro [m]       | 0,40 | Sobrecarga [kPa]               | 200,0 |
| Sobre-espessura do muro [m] | 0,10 |                                |       |

## Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-]          |
|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------|
| 1       | 7,45       | 21,00             | 30,00        | 0,238           |
|         |            |                   |              | Adicionar Linha |
|         |            |                   |              | Remover Linha   |

## Caraterísticas das microestacas

|                |             |                                              |      |
|----------------|-------------|----------------------------------------------|------|
| Microestacas   | 114,3 x 9,0 | Espaçamento entre microestacas [m]           | 2,25 |
| $f_{yd}$ [MPa] | 552         | Comprimento de encurvadura [m]               | 3,12 |
| Inércia [cm⁴]  | 415,67      | Espessura de corrosão [mm]                   | 0,00 |
| Peso [kg/m]    | 23,37       | Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] | 1,80 |

## Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{util}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 600             | 2,25                             | 25               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 600             | 2,25                             | 25               | 38,0             | Ancoragens desativadas                         |
|       |                 |                                  |                  | Adicionar Linha  | Remover Linha                                  |

## Resultados e Verificações

## Terras

| Estrato                                              | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|------------------------------------------------------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1                                                    | 7,5   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 0                | 62                  | 461       |
| O impulso total de terras sobre o muro é de 461 kN/m |       |                  |         |        |                  |                     |           |

## Ancoragens

|    |                                                 |
|----|-------------------------------------------------|
| OK | Impulso de terras: 461 kN/m                     |
|    | Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 483 kN/m |

## Microestacas

|                                                                                 |                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| OK                                                                              | Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 439 kN |
|                                                                                 | Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 599 kN         |
| OK                                                                              | Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 602 kN  |
|                                                                                 | Capacidade resistente à compressão simples: 1643 kN                |
| Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem: $N_{ed, selagem} = 834$ kN |                                                                    |



|                                                                                         |                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>n° do projeto:</b> 3346<br/> <b>projeto:</b> Lx Living<br/> <b>título:</b> C7</p> | <br><b>AdFGEO</b><br><small>CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.</small> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                                                                                              |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Altura provisória [m] 9,00<br>Espessura do muro [m] 0,40<br>Sobre-espessura do muro [m] 0,10 | Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0<br>Sobrecarga [kPa] 20,0 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 5,00       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |
| 2       | 6,65       | 21,00             | 30,00        | 0,238  |

Adicionar Linha    Remover Linha

Caraterísticas das microestacas

|                                                                                              |                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Microestacas 139,7 x 11,0<br>$f_{yd}$ [MPa] 552<br>Inércia [cm⁴] 927,58<br>Peso [kg/m] 34,91 | Espaçamento entre microestacas [m] 2,50<br>Comprimento de encurvadura [m] 2,65<br>Espessura de corrosão [mm] 0,00<br>Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{\text{util}}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550                    | 2,50                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550                    | 2,50                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 3     | 550                    | 2,50                             | 30               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha    Remover Linha

Resultados e Verificações

Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 5,0   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 46               | 8                   | 272       |
| 2       | 6,7   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 9                | 6                   | 98        |

O impulso total de terras sobre o muro é de 370 kN/m

Ancoragens

|    |                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Impulso de terras: 370 kN/m<br>Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 572 kN/m |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|

Microestacas

|                                                                                  |                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OK                                                                               | Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 1081 kN<br>Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1402 kN |
| OK                                                                               | Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 1188 kN<br>Capacidade resistente à compressão simples: 2455 kN          |
| Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem: $N_{ed, selagem} = 1645$ kN |                                                                                                                                    |

nº do projeto: 3346  
 projeto: Lx Living  
 título: C8



## Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                             |      |                                |      |
|-----------------------------|------|--------------------------------|------|
| Altura provisória [m]       | 9,00 | Peso volúmico do betão [kN/m³] | 25,0 |
| Espessura do muro [m]       | 0,40 | Sobrecarga [kPa]               | 30,0 |
| Sobre-espessura do muro [m] | 0,10 |                                |      |

## Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-]          |
|---------|------------|-------------------|--------------|-----------------|
| 1       | 2,00       | 18,00             | 0,00         | 0,376           |
| 2       | 4,00       | 19,00             | 0,00         | 0,320           |
| 3       | 5,65       | 21,00             | 30,00        | 0,238           |
|         |            |                   |              | Adicionar Linha |
|         |            |                   |              | Remover Linha   |

## Caraterísticas das microestacas

|                |              |                                              |      |
|----------------|--------------|----------------------------------------------|------|
| Microestacas   | 139,7 x 11,0 | Espaçamento entre microestacas [m]           | 2,50 |
| $f_{yd}$ [MPa] | 552          | Comprimento de encurvadura [m]               | 2,65 |
| Inércia [cm⁴]  | 927,58       | Espessura de corrosão [mm]                   | 0,00 |
| Peso [kg/m]    | 34,91        | Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] | 1,80 |

## Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{\text{útil}}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550                    | 2,50                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550                    | 2,50                             | 30               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |
| 3     | 550                    | 2,50                             | 30               | 38,0             | Ancoragens ativadas                            |
|       |                        |                                  |                  | Adicionar Linha  | Remover Linha                                  |

## Resultados e Verificações

## Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,0   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 51               | 15                  | 132       |
| 2       | 4,0   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 46               | 12                  | 234       |
| 3       | 5,7   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 9                | 9                   | 101       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 467 kN/m

## Ancoragens

OK

Impulso de terras: 467 kN/m  
 Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 572 kN/m

## Microestacas

OK

Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 1081 kN  
 Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1402 kN

OK

Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 1188 kN  
 Capacidade resistente à compressão simples: 2455 kN

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 1645$  kN

|                                                                                         |                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>nº do projeto:</b> 3346<br/> <b>projeto:</b> Lx Living<br/> <b>título:</b> C9</p> | <br><b>AdFGeo</b><br><small>CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.</small> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                                                                                              |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Altura provisória [m] 3,00<br>Espessura do muro [m] 0,40<br>Sobre-espessura do muro [m] 0,10 | Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0<br>Sobrecarga [kPa] 20,0 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 2,00       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 3,85       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |

Adicionar Linha
Remover Linha

Caraterísticas das microestacas

|                                                                                             |                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Microestacas 114,3 x 9,0<br>$f_{yd}$ [MPa] 552<br>Inércia [cm⁴] 415,67<br>Peso [kg/m] 23,37 | Espaçamento entre microestacas [m] 2,25<br>Comprimento de encurvadura [m] 2,85<br>Espessura de corrosão [mm] 0,00<br>Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{util}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550             | 2,25                             | 30               | 18,0             | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550             | 2,25                             | 30               | 31,0             | Ancoragens desativadas                         |

Adicionar Linha
Remover Linha

Resultados e Verificações

Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,0   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 26               | 10                  | 71        |
| 2       | 3,9   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 23               | 8                   | 121       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 192 kN/m

Ancoragens

|    |                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Impulso de terras: 192 kN/m<br>Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 423 kN/m |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|

Microestacas

|    |                                                                                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 312 kN<br>Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 679 kN |
| OK | Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 417 kN<br>Capacidade resistente à compressão simples: 1643 kN         |

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 636$  kN

nº do projeto: 3346  
 projeto: Lx Living  
 título: C10



## Geometria e cargas

Calcular

Reset

Altura provisória [m] 5,74      Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0  
 Espessura do muro [m] 0,40      Sobrecarga [kPa] 10,0  
 Sobre-espessura do muro [m] 0,10

## Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 2,00       | 18,00             | 0,00         | 0,376  |
| 2       | 4,89       | 19,00             | 0,00         | 0,320  |

Adicionar Linha

Remover Linha

## Caraterísticas das microestacas

Microestacas 114,3 x 9,0      Espaçamento entre microestacas [m] 2,50  
 $f_{yd}$  [MPa] 552      Comprimento de encurvadura [m] 1,15  
 Inércia [cm⁴] 415,67      Espessura de corrosão [mm] 0,00  
 Peso [kg/m] 23,37      Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80

## Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{util}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550             | 2,50                             | 30               | 18,0             | Ancoragens ativadas                            |
| 2     | 550             | 2,50                             | 30               | 31,0             | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha

Remover Linha

## Resultados e Verificações

## Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,0   | 18,0             | 0,0     | 0,376  | 30               | 5                   | 70        |
| 2       | 4,9   | 19,0             | 0,0     | 0,320  | 27               | 4                   | 154       |

O impulso total de terras sobre o muro é de 224 kN/m

## Ancoragens

OK

Impulso de terras: 224 kN/m  
 Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 381 kN/m

## Microestacas

OK

Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 436 kN  
 Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 1383 kN

OK

Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 483 kN  
 Capacidade resistente à compressão simples: 1643 kN

Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem:  $N_{ed, selagem} = 728$  kN

|                                                                                          |                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>nº do projeto:</b> 3346<br/> <b>projeto:</b> Lx Living<br/> <b>título:</b> C11</p> | <br><b>AdFGEO</b><br><small>CONSULTORES DE GEOTECNIA, LDA.</small> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Geometria e cargas

Calcular

Reset

|                                                                                              |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Altura provisória [m] 3,00<br>Espessura do muro [m] 0,50<br>Sobre-espessura do muro [m] 0,10 | Peso volúmico do betão [kN/m³] 25,0<br>Sobrecarga [kPa] 10,0 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

Parâmetros geotécnicos do solo a conter

| Estrato | Altura [m] | Peso Vol. [kN/m³] | Coesão [kPa] | Ka [-] |
|---------|------------|-------------------|--------------|--------|
| 1       | 7,75       | 21,00             | 30,00        | 0,238  |

Adicionar Linha    Remover Linha

Caraterísticas das microestacas

|                                                                                             |                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Microestacas 114,3 x 9,0<br>$f_{yd}$ [MPa] 552<br>Inércia [cm⁴] 415,67<br>Peso [kg/m] 23,37 | Espaçamento entre microestacas [m] 3,00<br>Comprimento de encurvadura [m] 3,33<br>Espessura de corrosão [mm] 0,00<br>Fator de segurança p/ cálculo geotécnico [-] 1,80 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Caraterísticas das ancoragens

| Nível | $P_{\text{útil}}$ [kN] | Espaçamento entre ancoragens [m] | $\theta$ [graus] | $\delta$ [graus] | Instante antes de betonar último troço do muro |
|-------|------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 1     | 550                    | 3,00                             | 10               | 0,0              | Ancoragens ativadas                            |

Adicionar Linha    Remover Linha

Resultados e Verificações

Terras

| Estrato | h [m] | $\gamma$ [kN/m³] | c [kPa] | Ka [-] | $\sigma_h$ [kPa] | $\sigma_{hs}$ [kPa] | Rh [kN/m] |
|---------|-------|------------------|---------|--------|------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 7,8   | 21,0             | 30,0    | 0,238  | 0                | 3                   | 24        |

O impulso total de terras sobre o muro é de 24 kN/m

Ancoragens

|    |                                                                               |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|
| OK | Impulso de terras: 24 kN/m<br>Pré-esforço aplicado pelas ancoragens: 181 kN/m |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|

Microestacas

|                                                                                 |                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OK                                                                              | Cargas axiais antes da betonagem até ao fundo de escavação: 300 kN<br>Capacidade resistente à compressão com encurvadura: 543 kN |
| OK                                                                              | Cargas axiais após betonagem total da parede de contenção: 578 kN<br>Capacidade resistente à compressão simples: 1643 kN         |
| Esforço axial a ser resistido pelo bolbo de selagem: $N_{ed, selagem} = 800$ kN |                                                                                                                                  |





## **Anexo 4. CORTE A2-A2**



