



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS.
ESCAVAÇÃO DE VALAS, EQUIPAMENTOS
E ANÁLISE ECONÓMICA**

Cristina de Fátima Alves Portela

Orientação: Maria Madalena V. Moreira V.

Mestrado em Engenharia Civil

Área de especialização: Hidráulica e Recursos Hídricos

Dissertação

Évora, 2013



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS.
ESCAVAÇÃO DE VALAS, EQUIPAMENTOS
E ANÁLISE ECONÓMICA**

Cristina de Fátima Alves Portela

Orientação: Maria Madalena V. Moreira V.

Mestrado em Engenharia Civil

Área de especialização: Hidráulica e Recursos Hídricos

Dissertação

Évora, 2013

Agradecimentos

Pretendo agradecer à minha orientadora, a Professora Maria Madalena Vitório Moreira Vasconcelos, pela disponibilidade e orientação científica dada na elaboração deste trabalho.

Agradeço também à Professora Paula Alexandra Gonçalves Faria, pelas palavras de incentivo e pelo grande contributo prestado na elaboração de um trabalho melhor.

À minha entidade patronal, nas pessoas de José António Rosalino, Bernardete Rosalino e João Paulo Arez, que foram incansáveis. A amizade e compreensão demonstrada contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Agradeço à Eng.^a Graça Romão pela simpatia, amabilidade e pelo apoio incondicional prestado. A partilha da sua experiência profissional e a partilha dos seus conhecimentos técnicos foram fundamentais. Agradeço também ao Eng.^o José Barruncho pelos mesmos motivos.

Ao Luis Pereira pela paciência na leitura de alguns excertos deste trabalho. Agradeço-lhe também o apoio, a disponibilidade e o companheirismo. Sem a sua presença o desenvolver deste trabalho teria sido, seguramente, muito mais difícil.

Por fim, gostaria de agradecer à minha mãe, Maria Luísa, e ao meu Pai, Manuel Luis, a quem dedico este trabalho. Mais do que a ajuda financeira, quero agradecer-lhes o apoio, a confiança que sempre tiveram em mim e que agora não foi exceção. Sei que a conclusão de mais esta fase da minha vida lhes trará orgulho, o qual não deverá ser atribuído apenas a mim, mas a eles próprios também.

Muito obrigada a todos!



Resumo

Nas obras de infraestruturas hidráulicas sistemas de abastecimento de água, sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais e sistemas de rega - os processos de escavação das valas são fundamentais para a garantia do bom assentamento e desempenho das tubagens.

O dimensionamento do equipamento para a escavação de valas baseia-se no estudo geotécnico do terreno apresentado em projeto de modo a garantir a boa execução da obra.

Neste trabalho é apresentada e comparada a análise económica de duas formas de execução das valas: escavação de valas executadas pelo perfil-tipo do projeto, recorrendo ao uso de entivações, e escavação de valas com taludes inclinados e livres e abdicando do uso dos painéis de entivação, mantendo as condições de segurança da obra.

As conclusões deste trabalho salvaguardam a importância do cumprimento dos prazos da obra, a produção, os custos e a segurança.

Palavras-chave: escavação de valas, classificação dos solos, entivação, segurança, equipamentos, custos, perfil-tipo.

Abstract

HYDRAULIC INFRASTRUCTURES

TRENCHES EXCAVATION, EQUIPMENTS AND ECONOMICAL ANALYSIS

In hydraulic infrastructures jobs such as water consumption and irrigation supply and wastewater and rainwater drainage, the processes used in the excavation and backfilling of trenches are key to ensure good performance and settlement of the pipes.

The size and type of equipment for excavation and backfilling trenches is done by careful analyzing the project geological data. Thus, only after knowing the terrain features we can choose the work equipment and the appropriate processes to the proper performance of this activity.

In this study is done the economical analysis based on two trench excavation methods. Firstly, we present the study of the costs of trench excavation performed by standard project profile, resorting to the use of shoring panels. Then the economical analysis of trenching creating security slopes on the walls of the trenches abdicating the use of shoring panels but keeping all the conditions of security for all workers.

Finally draw some conclusions about the study, safeguarding the importance of meeting deadlines without disregarding the production and safety of its players.

Keywords: trenching, soil classification, shoring, safety, equipment, costs, standard profile.

ÍNDICE GERAL:

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 – Enquadramento.....	1
1.2 – Objetivos do trabalho.....	3
1.3 – Estrutura do texto	4
2 – BREVE ABORDAGEM DO ESTUDO DOS SOLOS	6
2.1 - Origem	6
2.2 - Fatores que influenciam o comportamento dos solos	7
2.3 - Classificação dos solos	9
2.3.1 - Classificação Granulométrica	10
2.3.2 - Classificação Rodoviária.....	11
2.3.3 - Classificação Unificada:.....	13
2.4 - Prospeção Geotécnica	15
2.4.1 – Métodos de prospeção " <i>in situ</i> "	16
2.4.2 - Ensaio Laboratoriais	23
2.4.3 Projeto geotécnico	26
2.4.4 - Ângulo de atrito interno do solo	26
3 - DRENAGEM DAS ÁGUAS PREJUDICIAIS À ESCAVAÇÃO	28
3.1 - Introdução	28
3.2- Rebaixamento do nível freático	28
3.2.1 - Drenagem por vácuo - Agulhas Filtrantes	28
3.2.2 - Poços de Bombagem.....	31
4 - ENTIVAÇÃO DE VALAS	33
4.1 - Enquadramento legal das entivações.....	33
4.1.1 - Principais cuidados a ter no planeamento e execução das entivações	34
4.1.2 - Constituição de uma entivação de acordo com o decreto-lei 41 821 de Agosto de 1958	35

4.1.3 – Trabalho em segurança (Decreto-lei 41821 de Agosto de 1958).....	36
4.2 – Montagem e uso das entivações	38
4.2.1 – Montagem.....	38
4.2.2 – Instalação	40
4.2.3 – Remoção da entivação	42
5 - EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS EM VALAS	43
5.1 – Equipamentos mais usados na escavação de valas.....	44
5.1.1 – Escavadoras Giratórias (Rodas e rastos).....	44
5.1.2 – Miniescavadoras Giratórias.....	48
5.1.3 – Retroescavadoras.....	48
5.1.4 – Valadoras.....	50
5.2 – Equipamentos mais usados na compactação nas camadas de aterro de valas.....	52
5.2.1 – Saltitão.....	52
5.2.2 – Cilindro apeado.....	53
5.2.3 – Cilindro Montado.....	54
6 - PRINCIPAIS TIPOS DE OBRAS COM ABERTURA DE VALAS	56
6.1 - Sistema de abastecimento de águas.....	56
6.2 - Rede de drenagem de águas residuais domésticas	57
6.3 - Rede de drenagem de águas pluviais	58
6.4 - Rede de rega	59
7 - ESTUDO DE CASO	61
7.1 - Apresentação da empresa de movimentações de terras em valas.	61
7.2 - Descrição da obra	61
7.3 – Condições técnicas de projeto e condições práticas de execução da subempreitada de movimentação de terras em valas.....	64
7.3.1 - Perfil tipo e perfil longitudinal de projeto.....	64
7.3.2 – Piquetagem e implementação topográfica	66
7.3.3 – Desmatação e decapagem de terra arável.....	66

7.3.4 – Escavações	66
7.3.5 – Aterros	67
7.3.6 – Transporte de terras.....	68
7.3.7 – Análise crítica às condições de projeto.....	68
7.4 - Condições práticas de execução da Obra	69
7.4.1 – Análise dos trabalhos.....	69
7.4.2 – Piquetagem e implementação topográfica	70
7.4.3 – Desmatação e decapagem de terra arável.....	70
7.4.4 – Escavação de valas	71
7.4.5 – Aterro das valas	76
7.5 - Análise económica	76
7.5.1 - Análise económica da escavação das valas executadas pelo perfil tipo de projeto	76
7.5.2 - Análise económica da escavação das valas executadas na obra	80
8 - PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO DECRETO Nº 41 821 DE AGOSTO DE 1958.....	83
9 - CONCLUSÕES FINAIS	89
10 - BIBLIOGRAFIA.....	90
ANEXOS.....	94
ANEXO I - Definições/Conceitos	95
ANEXO II - Decreto nº 41 821 de Agosto de 1958	97
ANEXO III - Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto	100
ANEXO IV - Orçamento de entivações.....	102
ANEXO V - Flyer de Entivações	106

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1 – Escavação com charrua puxada a animais

Figura 2 – Perfil do solo

Figura 3 – Ábaco para a determinação do índice de grupo

Figura 4 – Carta de plasticidades

Figura 5 – Poço de sondagem

Figura 6 – Execução de uma sondagem SPT

Figura 7 – Execução de uma sondagem “in situ” - Sondagem a trado

Figura 8 – Execução de uma sondagem de retração sísmica

Figura 9 – Execução de uma sondagem geofísica

Figura 10 – Perfil de uma sondagem de resistência elétrica

Figura 11 – Esquema da drenagem por vácuo – agulhas filtrantes

Figura 12 – Drenagem por vácuo – agulhas filtrantes

Figura 13 – Esquema de rebaixamento do nível freático – agulhas filtrantes

Figura 14 – Poços de bombagem

Figura 15 – Bomba submersível

Figura 16 – Constituição de uma entivação

Figura 17 – Entivações – perfil-tipo da zona de trabalho

Figura 18 – Montagem de entivações

Figura 19 – Montagem de entivações

Figura 20 – Montagem de entivações

Figura 21 – Instalação de entivações em solos estáveis

Figura 22 – Instalação de entivações em solos instáveis

Figura 23 – Escavação dentro dos painéis de entivação

Figura 24 – Remoção da entivação

Figura 25 – Componentes da escavadora Giratória

Figura 26 – Balde "standard"

Figura 27 – Balde de regularização (esq.); Balde perfurado (dir.)

Figura 28 – Ripper (esq.), Martelo hidráulico (dir.)

Figura 29 – Dimensões para transporte

Figura 30 – Raios de acção

Figura 31 – Mini- Escavadora giratória

Figura 32 – Dimensões de retroescavadora

Figura 33 – Valadoras – dimensão dos equipamentos

Figura 34 – Valadoras – características do equipamento

Figura 35 – Saltitão – equipamento ligeiro de compactação

Figura 36 – Cilindro apeado – equipamento ligeiro de compactação

Figura 37 – Cilindro montado – equipamento pesado de compactação

Figura 38 – Constituição de um sistema de abastecimento de água

Figura 39 – Constituição de um sistema de drenagem de água residual doméstica

Figura 40 – Localização dos Blocos de Rega de Ervidel

Figura 41 – Localização dos Reservatórios R1, R2 e Estação Elevatória (EE)

Figura 42 – Perfil-tipo da vala - projeto

Figura 43 – Excerto do perfil longitudinal da obra – profundidade da vala

Figura 44 – Perfil da vala executado

Figura 45 – Artigo 26º do Decreto Regulamentar de 23 de Agosto

Figura 46 – Cálculo do diâmetro exterior do tubo

Figura 47 – Largura da vala pelo perfil tipo de projeto

Figura 48 – Esquema da vala executada em obra

ÍNDICE DE TABELAS:

Tabela 1 – Fatores que influenciam o comportamento dos solos

Tabela 2 – Agrupamento dos solos em função do diâmetro dos grãos

Tabela 3 – Classificação rodoviária

Tabela 4 – Classificação unificada dos solos

Tabela 5 – Ângulo de atrito interno do solo

-
- Tabela 6 – Largura da vala em função da profundidade
- Tabela 7 – Dimensão do equipamento para transporte
- Tabela 8 – Dimensão do balde e raios de acção
- Tabela 9 – Dimensões do equipamento - Satitão
- Tabela 10 – Dimensões do equipamento - cilindro apeado
- Tabela 11 – Dimensões do equipamento - cilindro montado
- Tabela 12 – Ficha de custos directos de produção - perfil-tipo de projeto
- Tabela 13 – Ficha de custos directos de produção - perfil da escavação real executada
- Tabela 14 – Volume de escavação por perfil
- Tabela 15 – Faturação por perfil

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS:

- Fotografia 1 – Drenagem de águas - agulhas filtrantes
- Fotografia 2 – Sistema de rega – canal de adução
- Fotografia 3 – Sistema de rega – execução de troço de tubagem enterrada
- Fotografia 4 – Decapagem de terra vegetal
- Fotografia 5 – Escavação de vala - sobrelargura
- Fotografia 6 – Escavação de vala – instabilidade visível das paredes da vala, provocada
pelo excesso de tempo de exposição do terreno à acção do sol e do vento.
- Fotografia 7 – Escavação da vala – limpeza de torrões da vala
- Fotografia 8 – Perfil da vala executado em obra

LISTA DE ACRÓNIMOS

- AASHO - American Association of State Highway Officials
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1 - INTRODUÇÃO

1.1 – Enquadramento

A escavação é, atualmente, um serviço indispensável às mais diversas obras de construção civil, tais como a construção de edifícios, de redes de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, de estradas, de canais, de barragens e de aterros sanitários.

Na antiguidade, a escavação era feita pelo homem utilizando picaretas para o corte ou recorrendo à força dos animais que puxavam equipamentos rudimentares, tais como a charrua, Figura 1.



Figura 1 – Escavação com charrua puxada a animais

(<http://www.fao.org/DOCREP/U9550T/u9550T0w.jpg>)

Este tipo de trabalho era de pouco rendimento tendo a vantagem de depender de mão-de-obra abundante, na altura, e barata.

Com a invenção da máquina a vapor, surgiram as primeiras tentativas da sua utilização em equipamentos de terraplenagem, a partir da segunda metade do século XIX.

O desenvolvimento dos motores a combustão interna, levou à redução do tamanho físico dos equipamentos, permitindo novas aplicações. Em 1920 é lançado o primeiro trator movido a gasolina ao qual, desde logo, foi adaptada a lâmina, iniciando-se desta maneira a conceção e o fabrico dos modernos equipamentos de terraplenagem.

Nas décadas de 20 e de 30, deu-se o rápido desenvolvimento dos equipamentos de terraplenagem, apresentando máquinas cada vez mais eficientes sob o aspeto mecânico, possibilitando o aumento extraordinário de sua produtividade (Greco, s.d.).

A escavação deve ser estudada em função dos aspetos técnicos que a caracterizam (Cardoso, 2002):

- localização da escavação;
- dimensões da escavação;
- tipo de solo a ser escavado;
- quantidade de solo a ser removido;
- destino dado ao material retirado.

Ao serem considerados estes aspetos considera-se poderem ser organizados os tipos de escavação em sete diferentes categorias:

- escavação de grandes volumes em áreas limitadas;
- escavação de grandes volumes em grandes áreas;
- escavação de solos não consolidados (ex: solos moles);
- escavação vertical em áreas limitadas;
- escavação em abertura de valas;
- escavação em abertura de túneis;
- dragagem.

A escavação em abertura de valas é a categoria que se pretende aqui aprofundar, pelo facto de esta escavação ser frequentemente alvo de incoerências entre o estipulado em fase de projeto e, posteriormente, em fase de obra.

A caracterização dos solos é um fator importante para o desenvolvimento desta atividade. Daqui são definidos os equipamentos para a escavação das valas e são também identificadas as medidas de proteção coletiva mais apropriadas ao desenvolvimento desta atividade, nomeadamente o uso de entivações.

É ainda importante a referência às condições de escavação da vala relativamente à humidade no solo. A presença de água altera a estabilidade do terreno e dificulta a execução da vala.

O desenvolvimento deste trabalho foi motivado pela observação do projeto face ao trabalho executado na obra. Desde logo, a elaboração do projeto deverá transmitir o que vai ser executado na obra com o perfil prático em vez de um perfil teórico que dificulta o cumprimento de prazos, dificulta a sua execução e aumenta dos custos da obra.

1.2 – Objetivos do trabalho

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo geral o estudo da atividade de escavação de valas em obras de infraestruturas hidráulicas, numa abordagem sobre a caracterização do solo, os equipamentos aplicados e a metodologia para análise económica. A abordagem do tema é acompanhada por um estudo de caso da Construção das Infraestruturas de Rega do Bloco de Rega de Ervidel. Pretende-se sensibilizar os diversos intervenientes no processo do projeto à execução da obra, relativamente às implicações que os fundamentos teóricos, que estão na base do desenvolvimento do projeto, têm na sua concretização em obra.

Pretende-se também apresentar uma proposta de alteração ao Decreto nº41 821 de Agosto de 1958, uma vez que o mesmo se encontra desatualizado face aos novos materiais e técnicas usados nas obras de escavação de valas.

Com este trabalho pretendeu-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os procedimentos inapropriados normalmente previstos em projeto em função do que é exequível em obra:
- Apresentar ações preventivas/corretivas a implementar com o intuito de eliminar/reduzir os problemas de produção existentes, de modo a melhorar as condições de trabalho, minorar as situações de risco para a obra, diminuir a incidência de acidentes de trabalho, diminuir gastos organizacionais e aumentar a motivação dos trabalhadores;
- Dar a conhecer quais os problemas mais relevantes existentes na obra;
- Incentivar a entidade executante e os elementos a ela associados a participarem ativamente numa melhoria face à prevenção e correção de hábitos impróprios, durante a execução das suas atividades laborais.

Os objetivos enunciados pretendem otimizar os processos construtivos, facilitando todo o processo desde a conceção do projeto até à execução dos trabalhos.

1.3 – Estrutura do texto

A presente dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma:

No presente capítulo - **Capítulo 1**, faz-se o enquadramento do tema deste trabalho e apresentam-se os objetivos da dissertação.

No **Capítulo 2**, são abordados os solos, onde é feita a classificação dos mesmos e análise do seu comportamento.

No **Capítulo 3**, apresentam-se os vários métodos de drenagem de águas prejudiciais à escavação, existentes nas valas.

O uso de entivações de valas é tratado no **Capítulo 4**. Aqui é feito o enquadramento legal com base na legislação conhecida e mencionada nos projetos das obras. É também referida a forma correta de montagem dos painéis de entivação nas valas, bem como os pontos mais importantes a ter em conta para o dimensionamento deste equipamento.

No capítulo seguinte - **Capítulo 5** - enunciam-se os equipamentos de movimentação de terras mais frequentemente usados nas valas. São caracterizados os equipamentos de escavação de valas, bem como os equipamentos usados para executar o aterro das valas.

No **Capítulo 6**, são referidas as principais obras onde a escavação em valas é uma atividade fundamental, nomeadamente as obras de sistemas de abastecimento de água, de sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais e sistemas de rega.

No **Capítulo 7** vem apresentado o estudo de caso. O estudo de caso, tem como finalidade elucidar os projetistas bem como os técnicos responsáveis pela execução da obra, para todos os trabalhos associados à abertura de valas. Pretende-se fazer uma análise comparativa dos trabalhos na perspetiva do projeto, seguido da perspetiva do trabalho real executado na obra. O capítulo está dividido em dois pontos: condições técnicas de execução da subempreitada e condições práticas de execução da subempreitada.

No **Capítulo 8**, é apresentada a proposta de alteração ao Decreto nº 41 821 de Agosto de 1958 relativamente aos materiais e técnicas a desenvolver nos trabalhos de escavação, nomeadamente a escavação de valas.

No **Capítulo 9**, com o título análise económica, são apresentados os custos inerentes à escavação de valas recorrendo ao uso de painéis de entivação e são apresentados os

custos da escavação de valas recorrendo à criação de taludes nas paredes das valas para evitar a aquisição/aluguer de painéis de entivação.

Finalmente, surge a conclusão do trabalho realizado, **Capítulo 10**, onde se concluiu que muito há a fazer para mudar métodos de execução dos trabalhos de escavação de valas, começando pela sensibilização dos projetistas deste tipo de obras e também pelas empresas adjudicatárias – Empreiteiros Gerais.

2 – BREVE ABORDAGEM DO ESTUDO DOS SOLOS

2.1 - Origem

Solo é a camada mais superficial da crosta terrestre.

A sua formação remonta há milhões de anos, resultando da acumulação de pequenas partículas provenientes do desgaste das rochas e da decomposição de matéria orgânica, ou por degradação da rocha mãe, mantendo-se no mesmo local (solos residuais).

Os solos são constituídos por um conjunto de partículas sólidas de vários tamanhos, deixando entre si, vazios que poderão estar totalmente ou parcialmente preenchidos por água ou outro fluido.

Por ação de processos como a meteorização e a erosão e seus agentes, a rocha mãe vai sofrendo desgaste e alimentando a formação dos solos.

Os solos podem ser originados a partir da própria rocha matriz (solo autóctone ou residual) ou formados como resultado do transporte de sedimentos (solo alóctone ou sedimentado).

A presença de determinado elemento constituinte do solo em maiores quantidades, caracteriza o tipo do solo. Assim, existem solos tipicamente arenosos, siltosos ou argilosos consoante o elemento que maioritariamente os constitui. Por exemplo, um solo arenoso possui uma maior quantidade de areia do que outros componentes.

A secção vertical das camadas dum solo desde a superfície até à rocha mãe constitui um perfil de solo (Figura 2), que se divide em (MINEIRO, 1981):

- ✓ **Horizonte A** - situa-se à superfície, possui húmus e é lixiviado. Tem espessura média de 20 a 30 centímetros.
Esta camada superficial de solo possui porosidade e grau de saturação baixos (denominada por vezes de zona porosa);

- ✓ **Horizonte B** - Esta camada de solo jovem tem por vezes a mesma estrutura original da rocha mãe (solo residual). Pode ainda resultar da acumulação de materiais arrastados ou provenientes do horizonte A após a sua instalação. Por vezes é endurecido com cimentos calcários ou ferruginosos. A espessura média é da ordem de grandeza do horizonte A, mas pode atingir alguns metros.

- ✓ **Horizonte C** – subsolo – camada de topo alterado dos depósitos geológicos e é a partir dele que se formam os horizontes A e B.
Camada desintegrada que só pode ser retirada com meios vigorosos.

Rocha mãe - constitui a base e é composta por depósitos geológicos resistentes e rijos.

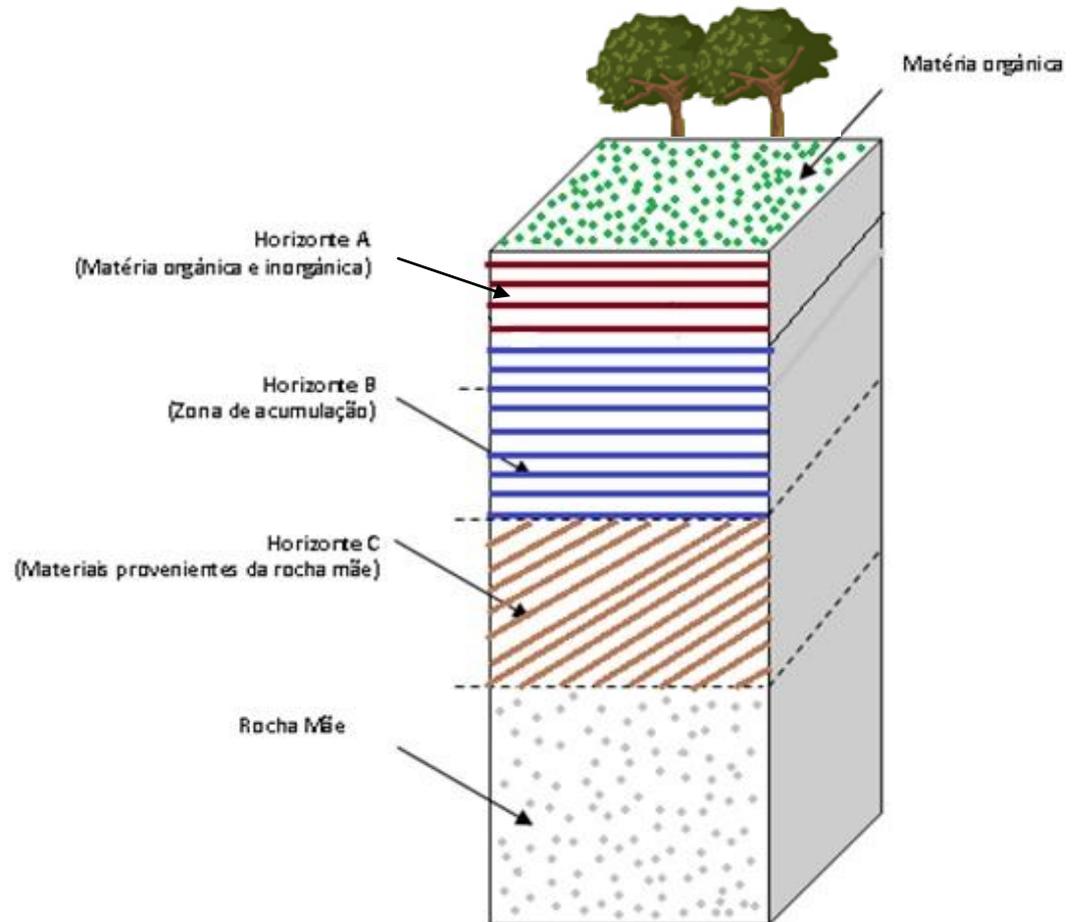


Figura 2 – Perfil do solo

2.2 - Fatores que influenciam o comportamento dos solos

Os depósitos de solo não são inertes. Independentemente da atividade do homem, os solos são bastante sensíveis ao ambiente e, podem sofrer alterações significativas.

Na Tabela 1 indicam-se os principais fatores que influenciam o comportamento dos solos (MINEIRO, 1981).

Tabela 1
Fatores que influenciam o comportamento dos solos

Fatores que influenciam o comportamento dos depósitos já formados	Fatores que contribuem para a alteração de comportamento dos solos
Solos Sedimentares: - natureza dos sedimentos - processos do transporte e deposição - natureza do ambiente de deposição	Tensão (carga a que está sujeito) Tempo Água Ambiente Perturbação
Solos artificiais compactados: - natureza do solo - quantidade de água de compactação - quantidade e tipo de compactação	

Os fatores que contribuem para a alteração do comportamento dos solos são:

Tensão: é a carga a que está sujeita uma determinada massa de solo. O seu aumento produz o aumento da resistência ao corte, a redução da compressibilidade assim como da permeabilidade do solo.

A tensão é diretamente proporcional ao aumento das camadas de solo durante o processo da sua formação e inversamente proporcional à remoção de solo por efeito da erosão.

Nas atividades de construção podemos encontrar situações que conduzem ao aumento de tensões no solo e outras que conduzem à diminuição de tensões no solo. Um exemplo do primeiro caso verifica-se na execução das fundações para a construção de barragens de terra. Um exemplo do segundo caso verifica-se na abertura de canais, em que a escavação de materiais reduz as tensões aplicadas ao solo, diminuindo-lhe a resistência, podendo conduzir a roturas do solo.

Tempo: Este fator consiste numa variável independente de que dependem todos os outros fatores. O tempo é determinante para a ocorrência de fenómenos de alteração das características dos solos, consequência de processos químicos ou físicos.

Água: Este fator é dos mais importantes para a alteração comportamental dos solos. A água é o elemento que mais contribui para a meteorização dos solos e a sua presença em

determinados tipos de solo provoca alterações consideráveis, nomeadamente em solos finos como é o caso das argilas. Uma argila que quando seca apresenta uma resistência apreciável, quando misturada com água, transforma-se num lodo com comportamento fluido. O aumento do conteúdo em água num solo fino, geralmente, reduz a sua resistência.

Ambiente: A natureza do fluido presente nos vazios e a temperatura, possuem uma importância fulcral na alteração do comportamento dos solos.

Relativamente à natureza dos fluidos, destaca-se o exemplo da presença de determinados cátions na água que influenciam no comportamento das partículas de argila, potenciando ou não a sua floculação, como é o caso do Ca^{2+} ou do Al^{3+} e do Na^+ respetivamente.

Quanto à temperatura, um dos melhores exemplos da sua influência são os ciclos de congelamento e descongelamento. A expansão e contração que acompanham estes ciclos provocam fissuras e pressões no solo, enfraquecendo-o.

Perturbação: Fenómeno mecânico adicional que pode ter causas naturais ou antropogénicas. Como exemplos das causas naturais referem-se a ocorrência de um terramoto de um evento de cheia ou de um evento de seca. Como exemplos das causas antropogénicas referem-se as ações de desflorestação, de criação de albufeiras ou de rebaixamento de níveis freáticos (MINEIRO, 1981).

2.3 - Classificação dos solos

A classificação dos solos permite conhecer o seu comportamento, otimizar os recursos e reduzir os custos. Se os solos forem agrupados de acordo com o seu comportamento a execução de ensaios para identificação dos solos permite a sua classificação e a caracterização do seu comportamento.

As características mais usuais para a classificação dos solos, são a granulometria e a plasticidade (Mineiro, 1981).

Os sistemas de classificação mais utilizados são:

- Classificação Granulométrica
- Classificação para fins Rodoviários – com base na classificação AASHO.
- Classificação Unificada (ASTM).

2.3.1 - Classificação Granulométrica

A classificação granulométrica é uma técnica pela qual os diversos tipos de solo são agrupados e designados em função das frações predominantes das partículas que os compõem. Os solos denominam-se de seixo, areia, silte e argila, com base na dimensão das partículas, Tabela 2.

Este é o critério mais simples para classificação de um solo.

Tabela 2
Agrupamento dos solos em função dos diâmetros dos grãos

Designação	Diâmetro dos grãos
Argila	< 0.002 mm
Silte	entre 0.002 e 0.06 mm
Areia	entre 0.06 e 2.0 mm
Seixo/Cascalho	> 2.0 mm

Assim, quando houver predominância de partículas minerais de maior diâmetro, o solo é classificado como cascalhento, ou arenoso; quando houver predominância de finos, o solo é classificado como argiloso. Todas as transições entre estes limites são encontradas na natureza, tendo a sua designação própria como por exemplo: areia argilosa, cascalho siltoso de acordo com a percentagem dos principais constituintes. Por outro lado, a percentagem relativa como cada uma destas classes granulométricas está no solo permite distinguir se ele é muito bem graduado ou não.

Sob o ponto de vista da engenharia, um solo bem graduado é aquele que contém uma mistura de partículas cobrindo uma grande gama de tamanhos. Este tipo de solos tem geralmente uma resistência e estabilidade mais elevada do que um solo mal graduado em que os grãos são de tamanho mais uniforme. Em oposição um solo mal graduado é aquele que contém somente um tipo de calibre (também designado por calibrado), como é o caso das areias de duna, ou corresponderá a um solo a que falta um ou mais calibre intermédios (por exemplo, um solo silto argiloso com cascalho).

2.3.2 - Classificação Rodoviária

A sua especificação destina-se a classificar os solos e suas misturas em grupos, com base nos resultados de ensaios de determinação de algumas das suas características físicas e atendendo ao seu comportamento.

O Sistema de Classificação AASHO é um sistema de classificação muito usado na construção de vias de comunicação. Os solos seguem uma ordem decrescente de qualidade de A1 a A8 (Tabela 3) e são divididos em três grupos:

- Solos Granulares – A1, A2 e A3
- Solos Finos – A4, A5, A6 e A7
- Turfa – A8

Tabela 3 - Classificação Rodoviária ⁽¹⁾ – LNEC E 240-1970

Classificação Geral	SOLOS GRANULARES (P200 < 35 %)							SOLOS SILTO- ARGILOSOS (P200 > 35%)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
P10	< 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P40	< 30	< 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-
P200	< 15	< 25	< 10	< 35	<35	< 35	< 35	> 35	> 35	> 35	> 35
LL	-	-	-	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40
IP	< 6	< 6	NP	< 10	< 10	> 10	> 10	< 10	< 10	> 10	> 10
Índice de grupo (IG)	0	0	0	0	0	< 4	< 4	< 8	< 12	< 16	< 20
Tipos de material	Fragmentos de pedra, pedregulho e areia		areia fina	Pedregulhos e areias siltosas ou argilosas				Solos siltosos		Solos argilosos	
Classificação como sub leito	Excelente a bom						<i>Regular a mau</i>				
Podemos acrescentar à estes o tipo A-8:solos orgânicos/turfas, imprestáveis como bases de pavimentos											

⁽¹⁾ Também denominada classificação AASHO (American Association of State Highway Officials) – Originalmente proposta nos Estados Unidos, baseada na granulometria e limites de Atterberg.

Onde:

P200 < 35% significa que estes solos possuem 35% ou menos de material passado no peneiro de 0.074 mm (nº 200) ASTM;

P200 > 35% significa que estes solos possuem, mais de 35% de material passado no peneiro de 0.074 mm (nº 200) ASTM;

P10 – Percentagem de material passado no peneiro ASTM de 2.00 mm (nº 10);

P40 – Percentagem de material passado no peneiro ASTM de 0.420 mm (nº 40);

P200 – Percentagem de material passado no peneiro ASTM de 0.074 mm (nº 200);

LL – Limite de liquidez;

IP – Índice de plasticidade.

O limite de liquidez (LL) é o teor em água acima do qual o solo adquire o comportamento de um líquido e o índice de plasticidade (IP) é a gama de teores em água, na qual o solo se comporta como um material plástico.

$IP = LL - LP$

O LP corresponde ao teor em água que limita o comportamento semi-sólido do comportamento plástico. Os dois parâmetros (LL e LP) são determinados no ensaio de limites de consistência.

Após a realização e obtenção dos resultados dos ensaios de granulometria e limites de consistência, a classificação é parcialmente feita por meio da tabela 3. Para ser completamente realizada, importa determinar o Índice de Grupo. O valor do Índice de Grupo e dado pela equação 1 ou pelo Ábaco representado na Figura 3.

$$IG = 0,2 a + 0,005 a c + 0,01 b d \quad (1)$$

em que:

a – diferença entre a percentagem de material que passa no peneiro #200 (D=0,075 mm) e 35 - mas $a=40$ se percentagem >75 e $a=0$ se <35;

b – diferença entre a percentagem de material que passa no peneiro #200 (D=0,075 mm) e 15, mas $b=40$ se percentagem >55 e $b=0$ se <15;

c – diferença entre o limite de liquidez e 40, mas $c=20$ se o limite é >60 e $c=0$ se é <40

d – diferença entre o índice de plasticidade e 10, mas $d=20$ se o índice é >30 e $c=0$ se é <10.

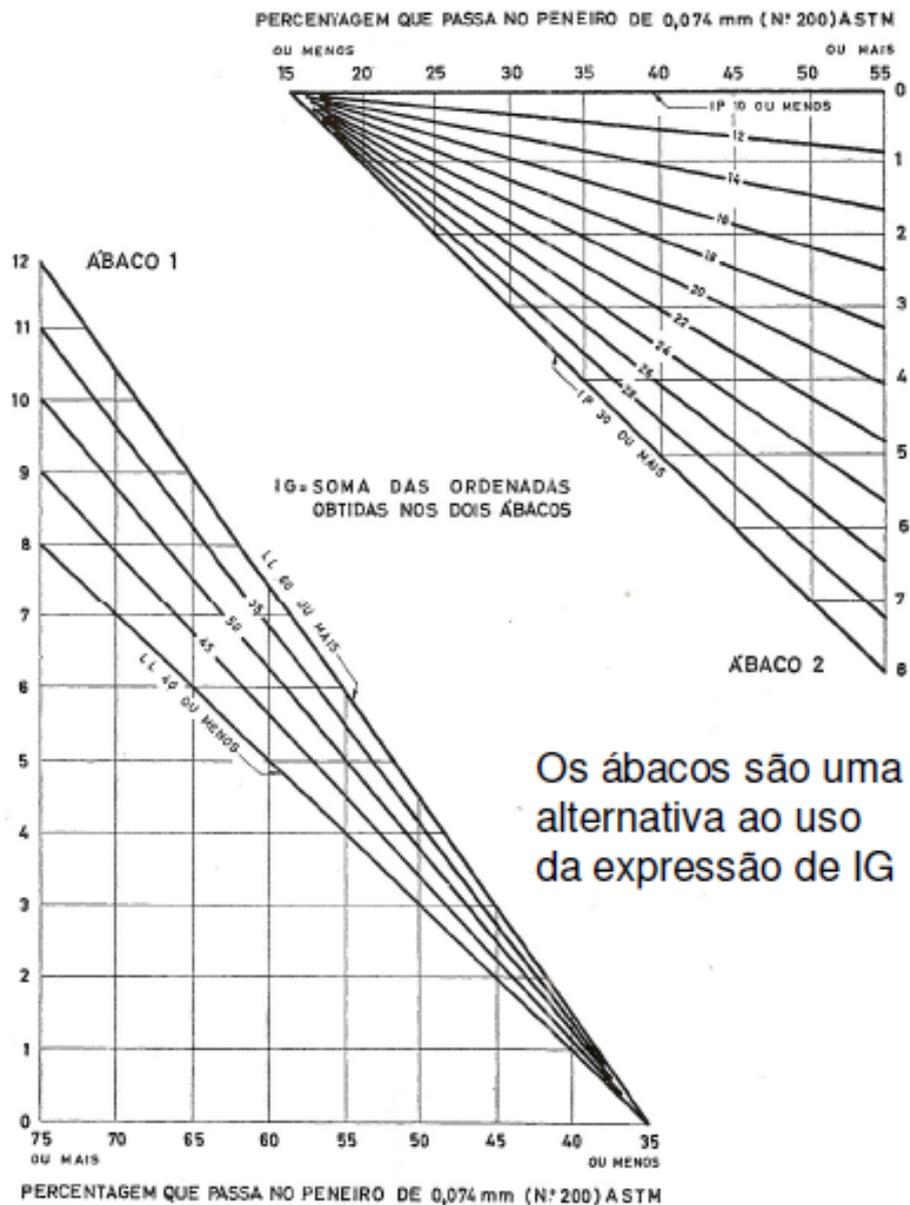


Figura 3 - Ábaco para a determinação do índice de grupo

(<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/378187/1/Aula4-5.pdf>)

2.3.3 - Classificação Unificada:

Este sistema de classificação destina-se a dar a orientação para os solos a utilizar em obras onde haja grandes volumes de aterro em que as argilas também são utilizadas, como é o caso da construção de barragens de terras.

Os solos são classificados em solos grossos, solos finos e altamente orgânicos como vem apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação Unificada ⁽²⁾ (Vargas, M, 1978)

Processo para identificação no campo				Grupo	Designação característica	
SOLOS DE GRANULAÇÃO GROSSA Mais de metade é maior que a abertura da peneira de malha n.º 40	PEDREGULHOS Mais de metade da fração grosseira é maior que a # n.º 10	PEDREGULHOS PUROS (pouco ou nenhum fino)	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias	GW	Pedregulhos bem graduados, misturas de areia e pedregulho com pouco ou nenhum fino.	
			Predominância de um tamanho de grão ou graduação falhada (ausência de alguns tamanhos de grão)	GP	Pedregulhos mal graduados, misturas de pedregulho e areia com pouco ou nenhum fino.	
		PDREGULHOS COM FINOS (apreciável quantidade de finos)	Finos não plásticos (ML ou MH).	GF	Pedregulhos siltosos, misturas de pedregulho, areia e silte mal graduados.	
			Finos plásticos (CL ou CH)	GC	Pedregulhos argilosos, misturas de pedregulho, areia e argila bem graduados.	
	AREIAS Mais que metade da fração grossa menor que a # n.º 10	AREIAS PURAS (pouco ou nenhum fino)	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias	SW	Areias bem graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.	
			Predominância de um grão ou graduação falhada	SP	Areias mal graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.	
		AREIA COM FINOS (apreciável quantidade de finos)	Finos não plásticos (ML ou MH)	SF	Areias siltosas, misturas mal graduadas de areia e silte.	
			Finos plásticos (CL ou CH ou OH)	SC	Areias argilosas, misturas bem graduadas de areia e argila.	
SOLOS DE GRANULAÇÃO FINA Mais que a metade do material é menor que a abertura de malha de # 200	Processo de identificação executado sobre a fração < # n.º 40				A abertura da malha # n.º 200 corresponde aproximadamente à menor partícula visível a olho nu	
	ENSAIO EXPEDITO →	RESISTÊNCIA a SECO (esmagamento pelos dedos)	DILATÂNCIA (DILAÇÃO)	RIGIDEZ (consistência na proximidade do LP)		
	SILTES E ARGILAS Limite de Liquidez menor que 50	nenhuma a pequena	rápida a lenta	nenhuma	ML	Siltes inorgânicos e areias muito finas, alteração de rocha, areias finas, siltosas ou argilosas com pequena plasticidade.
		média a elevada	Nenhuma a muito lenta	média	CL	Argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade, argilas pedregulhosas, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras.
		Pequena a média	lenta	pequena	OL	Siltes orgânicos e siltes argilosos orgânicos de baixa plasticidade
	SILTESE ARGILAS Limite de liquidez maior que 50	Pequena a média	Lenta a nenhuma	Pequena a média	MH	Siltes inorgânicos, micáceos ou diatomáceos, finos arenosos ou solos siltosos, siltes elásticos.
		Elevada a muito elevada	nenhuma	elevada	CH	Argilas inorgânicas de alta plasticidade, argilas gordas.
		Média a elevada	Nenhuma a muito lenta	Pequena a média	OH	Argilas orgânicas de média e alta plasticidade
	TURFAS	Facilmente identificáveis pela cor, cheiro, porosidade e frequentemente pela textura fibrosa.			Pt	Solos com elevado teor de matéria orgânica

⁽²⁾ Também denominada classificação ASTM (American Society for Texting and Material) – Surge do aperfeiçoamento da classificação de Casagrande no início dos anos 40, para utilização em aeroportos. Foi adaptada para uso laboratorial e de campo pelas agências americanas “Bureau of Reclamation” e “U. S. Corps of Engenneers”, com simplificações que permitem classificação sistemática.

A Tabela 4 é complementada com a carta de plasticidades representada na Figura 4:

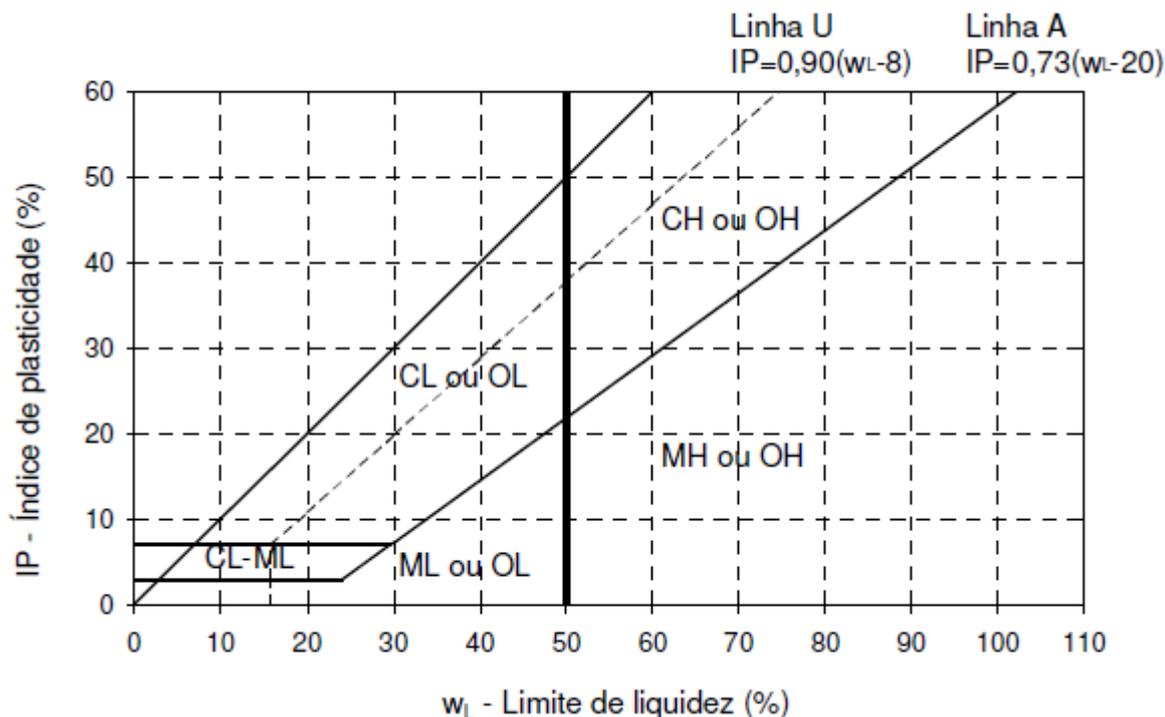


Figura 4 - Carta de Plasticidades

(<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/378187/1/Aula4-5.pdf>)

À semelhança do sistema de Classificação Rodoviária, a Classificação Unificada é feita com base nos resultados dos ensaios da análise granulometria e dos limites de consistência. A consulta da Tabela 4, assim como da carta de plasticidades é feita, procurando o grupo que melhor se adapte aos resultados dos ensaios.

A Tabela 4 contempla, embora de uma forma empírica, os resultados de uma larga experiência de campo, o que é de extrema utilidade, tratando-se de um instrumento de trabalho indispensável para todos os ramos da engenharia que trabalhem com solos.

2.4 - Prospecção Geotécnica

Existem vários métodos usados para o reconhecimento dos solos e que são aplicados de acordo com o tipo de obra a realizar caracterizado pelo tamanho, pelo custo, pela importância e pela finalidade da obra.

A prospecção geotécnica visa o reconhecimento do solo e entende-se como o conjunto de operações que ajudam à determinação da natureza e características do terreno, nomeadamente através de ensaios "*in situ*" e de ensaios em laboratório para qualquer tipo de construção.

A prospeção geotécnica tem como principais objetivos (Prospeção Geotécnica, s.d.):

- Determinação da profundidade e espessura das camadas do subsolo;
- Caracterização mecânica e hidráulica das camadas do subsolo (consistência, resistência, deformabilidade e permeabilidade);
- Determinação da profundidade do nível freático.

2.4.1 – Métodos de prospeção "in situ"

Os métodos de prospeção do subsolo classificam-se em (Prospeção Geotécnica, s.d.):

Diretos

- Poços
- Galerias
- Valas e Trincheiras

Semi-diretos (sondagens)

- Sondagens de trado
- Sondagens de percussão
- Sondagens de rotação
- Sondagens mistas (rotopercussão)

Indiretos (prospeção geofísica)

- Refração e Reflexão sísmicas
- Resistividade elétrica
- Métodos Eletromagnéticos
- Métodos gravimétricos
- Métodos magnéticos
- Métodos radiométricos
- Sondagens geoelétricas / Diagrafias

2.4.1.1 - Métodos de Prospeção Diretos

Os métodos de prospeção diretos podem ser através de poços, galerias ou valas e trincheiras.

- Poços

Os poços permitem a colheita de amostras intactas e/ou remexidas (Figura 5). É possível aceder ao seu interior possibilitando a observação direta da formação. É um método que possibilita a realização de ensaios *in situ*. Os métodos de prospeção em poços utilizam-se

para pequenas profundidades e em solos ou rochas brandas. Podem apresentar problemas de segurança e rentabilidade abaixo do nível freático. São normalmente abertos com o recurso a uma retroescavadora/mini-escavadora giratória (muito embora, nalguns casos, possam ser abertos manualmente com enxadas ou picaretas), ou, para o caso de maciços rochosos com recurso a martelo pneumático ou explosivos. Relativamente à sua forma, podem ser elípticos, quadrados ou retangulares, sendo estes últimos mais usuais (Prospecção Geotécnica, s.d.).



Figura 5 – Poço de sondagem

(http://www.prospec.eng.br/pocos_de_inspecao.html)

- Galerias

As galerias são um método de prospeção direto que permite a realização de ensaios *in situ*. Estas possibilitam a observação direta e o perfeito acesso ao maciço para o estudo do seu interior. Podem ser inclinadas e mudar de direção. É especialmente importante na avaliação das características do maciço para a implementação de obras de fundação de barragens e/ou túneis, tendo a vantagem de poderem ser incorporadas na obra. Permite a colheita de amostras para caracterização do solo. Podem necessitar de entivação e ser abertas com ferramentas pneumáticas ou com recurso a explosivos. As dimensões mais frequentes são 1,80x1,20 m (altura x largura), com profundidades até poucas dezenas de metros (Prospecção Geotécnica, s.d.).

- Valas e trincheiras

Este método permite a realização de ensaios *in situ* possibilitando a observação direta e o perfeito acesso ao maciço. A abertura de valas e trincheiras são frequentes em locais de barragens ou estradas. Só são exequíveis para pequenas profundidades inferiores a 4/5 metros e em solos ou rochas brandas. A abertura pode ser, à semelhança do que acontece nos poços, com o recurso a uma retroescavadora/mini-escavadora giratória. Permite a colheita de amostras para caracterização do solo (Prospecção Geotécnica, s.d.).

2.4.1.2 - Métodos de prospeção semi-diretos:

- Sondagens de trado

Normalmente, este tipo de sondagens geotécnicas são versáteis, de avanço rápido e realizadas com equipamento facilmente removível. Podem alcançar profundidades até 150 metros. São normalmente utilizadas em terrenos brandos. As sondagens de trado caracterizam-se por custo relativamente baixo, facilidade de execução e simplicidade de equipamento. Permite a colheita de amostras remexidas ou intactas (se for um trado oco) bem como a realização de ensaios "in situ". São frequentemente utilizadas em estudo geológico-geotécnicos de maciços terrosos ou rocha branda, bem como caracterização de manchas de empréstimo.

- Sondagens de percussão

O terreno é desagregado pela percussão do trépano suspenso num cabo ou ligado à extremidade das varas. Para facilitar o desmonte do terreno pode introduzir-se água no furo. Para sustentar as paredes do furo, se necessário, recorre-se a tubagem ou lamas bentoníticas (Prospeção Geotécnica, s.d.).

As sondagens de percussão (Figura 6), são um dos processos de investigação do subsolo frequentemente usados em maciços terrosos ou rocha branda. As sondagens de percussão caracterizam-se por custo relativamente baixo, facilidade de execução, simplicidade de equipamento, possibilidade de trabalho em locais de difícil acesso e possibilitam a obtenção de informações da sub superfície que são indispensáveis para projetar ou escolher o melhor tipo de fundação, bem como a sua provável cota de apoio.



Figura 6 – Execução de uma sondagem SPT

(<http://www.myv-sg.com/exploracion-geotecnica/>)

Para a investigação do subsolo de obras de pequeno porte a sondagem à percussão, a par com o trado, é um dos métodos de investigação mais apropriado (finalidade, características, custo).

As informações fornecidas por este tipo de sondagem são as seguintes:

- Recolha de amostras de solo remexidas para uma posterior caracterização em laboratório;
- Recolha de amostras indeformadas com utilização de amostrador;
- Perfil geotécnico do local investigado;
- Profundidade de ocorrência do lençol freático (nível de água do subsolo);
- Determinação da resistência do solo através da realização de ensaios S.P.T. (Standard Penetration Teste);
- Fornecer informações sobre a consistência e compacidade dos solos investigados;

- Sondagens de Rotação

Este tipo de sondagem é vocacionada para maciços rochosos, muito embora também se possam usar em maciços terrosos. A ferramenta de furação é a coroa (tungsténio e/ou diamante) que se encontra enroscada nas varas. Permite, em maciços rochosos, a amostragem contínua e integral do terreno no interior das varas (tarolo, carote ou testemunho). É frequente recorrer-se ao amostrador de parede dupla para evitar o desgaste e possíveis fraturas dos tarolos. Com este tipo de equipamento é igualmente possível a realização de ensaios "in situ" e a recolha de amostra intacta (Prospecção Geotécnica, s.d.).

- Sondagens Mistas (Roto percussão)

As sondagens usadas para detetar vazios e cavidades, denominam-se sondagens à Roto percussão. Estas sondagens também podem ser utilizadas na prospeção de água (Figura 7). Não se utilizam para estudos geológicos-geotécnicos dado que a sua utilização destrói os materiais atravessados (Prospeção Geotécnica, s.d.).



Figura 7 – Execução de uma sondagem in situ - Sondagem a trado

(<http://sondagensoeste.pai.pt/ms/ms/sondagens-do-oeste-sa-perfuracoes-horizontais-e-dirigidas-sondagens-3105-089-guia-pbl/ms-90043757-p-6/>)

Para a elaboração de um estudo geológico-geotécnico, o número de sondagens e sua localização em planta depende do tipo da estrutura, suas características especiais e das condições geotécnicas do subsolo. O número de sondagens deve ser suficiente para fornecer um quadro, o melhor possível, da provável variação das camadas do subsolo do local em estudo.

2.4.1.3 Métodos de prospeção Indireta (prospeção geofísica)

Há vários métodos de prospeção indireta, tal com mencionado no ponto 2.4.1. Contudo, apenas se fará uma breve referência aos métodos sísmicos de refração e resistividade elétrica, por serem os que mais usualmente se utilizam em obras de construção.

- Métodos sísmicos

O método sísmico consiste na criação de ondas sísmicas pela detonação de explosivos, queda de uma massa, entre outros. A propagação destas ondas sísmicas permite avaliar a qualidade dos maciços, considerando que rochas diferentes apresentam velocidades diferentes de propagação das ondas sísmicas. O sinal resultante é captado por um conjunto de geofones previamente dispostos segundo um determinado alinhamento (Figura 8). Os dados assim obtidos são tratados graficamente, determinando-se as dromocrónicas que permitem calcular o modelo local de comportamento geofísico em função da variação de propagação das ondas sísmicas (Prospeção Geotécnica, s.d.).



Figura 8 – Execução de uma sondagem de refração sísmica.

(<http://www.alphageofisica.com.br/geometrics/sismografos/sismografos.htm>)

- Métodos elétricos

O método elétrico introduz no terreno uma corrente elétrica criada de forma artificial. Os vários terrenos têm resistividades elétricas distintas (Figura 9 e 10). A introdução no terreno de uma corrente elétrica, relaciona-o com a variação do comportamento dos litotipos locais face à injeção dessa corrente elétrica no terreno. A geoelectrica pode ser executada segundo várias metodologias de acordo com o objetivo concreto de cada situação.

Importante para o reconhecimento de zonas carsificadas, muito frequentes em zonas de maciços calcários (Prospeção Geotécnica, s.d.).

Nas Figuras 9 e 10 apresentam-se duas imagens relativas à execução de uma sondagem de resistividade elétrica.



Figura 9 – Execução de uma sondagem geofísica
(<http://feg.mota-engil.pt/actividades/prospeccao-geofisica/>)

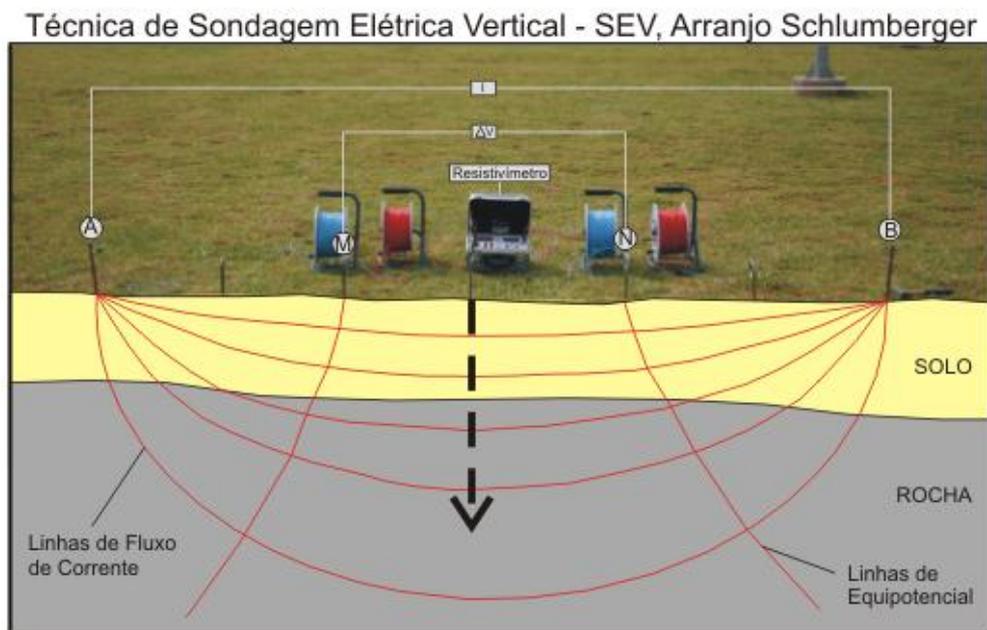


Figura 10 – Perfil de uma sondagem de resistividade elétrica.
(<http://www.tecgeofisica.com.br/conteudo/diagnostico.htm>)

- Diagrafias

As diagrafias, conforme a fonte emissora que utilizam, podem ser de vários tipos, nomeadamente elétricas, polarização espontânea, radiométricas e acústicas. As diagrafias são realizadas ao longo dos furos de sondagem (Prospecção Geotécnica, s.d.).

2.4.2 - Ensaios Laboratoriais

Após a realização da prospeção, as amostras recolhidas são encaminhadas para o laboratório de forma a determinar os vários parâmetros necessários. A identificação e caracterização de solos pode ser efetuada através de vários ensaios, de entre os quais se indicam (Santana, T. e Rodrigues P. (1995)):

- Teor de água natural;
- Análise Granulométrica (LNEC E 196-1966);
- Limites de consistência (NP-143-1969);
- Equivalente de areia (LNEC E 199-1967);
- Ensaio de compactação Proctor (LNEC E197-1966);
- Ensaio CBR (LNEC E 198-1967);
- Ensaios Triaxiais (ASTM D 4767/95, ASTM D 2850/95);
- Ensaios de compressão simples (NLT 305/90).

2.4.2.1 Análise Granulométrica

Consiste em determinar quantitativamente a distribuição por tamanhos das partículas que constituem um solo. Para tal são utilizados utensílios como, peneiros, balança e estufa.

Peneira-se o solo por uma série de peneiros de diferentes aberturas e determinam-se as massas das frações retidas em cada peneiro.

Os resultados são registados em impresso próprio e com eles traça-se a curva granulométrica em papel semi-logarítmico (Santana, T. e Rodrigues P. (1995)).

2.4.2.2 Limites de consistência ou de Atterberg

Entende-se por limite de liquidez de uma amostra de solo, o teor em água correspondente a 25 pancadas, obtido por interpolação numa curva que relaciona o teor em água em cada um de 4 provetes da amostra com um número de pancadas para o qual os bordos inferiores de um sulco aberto num provete se unem numa extensão de um centímetro quando o ensaio é feito na concha de Casagrande. Representa-se pelo símbolo de *LL*.

Entende-se por limite de plasticidade de uma amostra de solo, a média dos teores em água de 4 provetes de amostra a ensaiar, cada um dos quais é o maior teor em água com que rompe cada provete ao pretender-se transformá-lo num filamento cilíndrico com cerca de 3 mm de diâmetro, por rolagem entre a palma da mão e uma placa de vidro. Representa-se pelo símbolo *LP*.

A determinação dos limites de liquidez e Plasticidade é somente aplicável a solos com cerca de 30 %, ou mais, em massa, de partículas de dimensões inferiores a 0,05 mm. Ficam, portanto, excluídos os solos predominantemente arenosos, para os quais o ensaio, mesmo quando possível, perde o seu significado (Santana, T. e Rodrigues P. (1995)).

O índice de Plasticidade (IP) é calculado através da expressão da equação 2.

$$IP = LL - LP \quad (2)$$

em que:

IP - Índice de Plasticidade (%)

LL - Limite de liquidez (%)

LP - Limite de plasticidade (%)

2.4.2.3 Equivalente de areia

O ensaio de equivalente de areia, permite avaliar se determinada amostra de solo se aproxima ou não de um solo arenoso. São considerados convencionalmente elementos arenosos, os elementos granulares não flocláveis que sedimentam no fundo da proveta normalizada. Os elementos finos serão aqueles que permanecem em floclação (Santana, T. e Rodrigues P. (1995)).

Os valores obtidos por este ensaio podem variar entre 0 e 100. Significando respetivamente que se trata de um solo com comportamento distante ou próximo de uma areia, respetivamente.

Para valores inferiores a 20, o solo é considerado distinto de uma areia sendo que, neste caso, o ensaio perde sensibilidade recomendando-se que se proceda à determinação dos limites de consistência ou de Atterberg.

2.4.2.4 Ensaio de compactação Proctor

Este ensaio permite determinar a relação entre o teor em água e a baridade seca dos solos. Além de outras aplicações, o ensaio de compactação permite fixar um termo de comparação para o controle da baridade e da humidade no campo.

A diminuição dos vazios do solo, ou seja, um aumento do peso volúmico aparente seco (ou baridade aparente seca), conduz a uma maior área de contacto entre as partículas sólidas constituintes do solo e conseqüentemente a um aumento de respetiva capacidade de suportar cargas. Além disso, se o solo ficar num estado mais compacto ou denso, será menos suscetível de sofrer assentamentos e dificultará a passagem da água, tornando-se menos permeável.

O ensaio Proctor realiza-se aplicando uma determinada energia de compactação em vários provetes com diferente humedecimento (Santana, T. e Rodrigues P. (1995)).

A baridade seca do solo (γ_s) é calculada para cada provete, pela equação 3:

$$Y_s = (y_w / (100 + \omega)) * 100 \quad (3)$$

Onde:

Y_w – baridade húmida do solo, que corresponde ao quociente da massa do provete, expressa em gramas, pela capacidade do molde utilizado (cm^3);

Ω – teor em água do solo (%).

Traça-se a curva da baridade seca (em ordenadas) em função do teor em água (em abcissas) e determina-se o valor do teor em água correspondente ao valor máximo da baridade seca, designado-o por teor de humidade ótimo.

O ramo da curva de compactação, para a esquerda do ponto ótimo designa-se por “ramo seco”, enquanto o ramo à direita se designa por “ramo húmido”.

2.4.2.5 Ensaio CBR

Foi desenvolvido pela Califórnia Division of Highways para determinar o índice californiano de capacidade de carga e as características de expansão com vista à obtenção de elementos para o dimensionamento de pavimentos. Pode ser realizado em solos e consiste em medir a força necessária para que um pistão normalizado penetre o solo até uma certa profundidade, com uma velocidade constante.

O índice CBR corresponde à relação entre a força resistente que o solo oferece à penetração e a força padrão para a mesma penetração.

Este parâmetro é utilizado na caracterização mecânica dos solos, sendo avaliada a sua capacidade de carga, que por relações empíricas, nos permitem estimar o seu módulo de deformabilidade.

2.4.2.6 Ensaio Triaxiais

Estes ensaios consistem na determinação dos parâmetros de resistência do solo: coesão não drenada (c_u) e ângulo de atrito (ϕ), podendo os resultados ser expressos sob a forma de valores totais ou efetivos, em função da tipologia do triaxial realizado. O nome triaxial quer dizer que existem três principais atuantes no provete (σ_1 , σ_2 e σ_3) e que, portanto, se pode analisar um estado generalizado de tensões. No entanto, os ensaios triaxiais que são utilizados nos trabalhos de investigação correntes e em ensaios de rotina possuem duas tensões de igual valor (normalmente σ_2 e σ_3).

2.4.2.7 Ensaio de compressão simples

O ensaio de compressão simples consiste na determinação da resistência à compressão não confinada de provetes de solos, mediante aplicação de carga axial com controlo de deformação. Este tipo de ensaio aplica-se a solos coesivos tais como argilas ou solos cimentados saturados (Cavalgante, 2006).

2.4.3 Projeto geotécnico

O projeto geotécnico consiste em proporcionar orientação em diversos tipos de obras, na análise, no cálculo e na indicação dos métodos de execução.

Com a prospeção e o estudo de terrenos pretende-se fundamentalmente investigar os solos para obter os elementos necessários à elaboração dos projetos, à análise dos custos, e ao controlo da construção de forma a assegurar boas condições de segurança, preço, e garantia da duração útil prevista, com reduzidos custos de manutenção.

Depois de obtidos todos os resultados dos diversos trabalhos de prospeção, observações locais e pesquisa bibliográfica (cartas geológicas e geotécnicas), é elaborado um relatório geológico-geotécnico final, onde se incluem os seguintes elementos:

- Gráficos das sondagens executadas, onde para além dos valores dos respetivos ensaios se caracteriza o perfil em termos litológicos e posição do nível freático;
- Descrição da geologia local, onde o terreno se insere;
- Parâmetros geotécnicos necessários para o projeto: classificação dos solos, determinação do teor de humidade natural, coesão, ângulo de atrito, massa específica, etc.;
- As melhores soluções para as fundações das estruturas a implantar, confrontando essas soluções com os valores da tensão admissível que cada uma oferece;
- Considerações relativamente ao dimensionamento dos pavimentos, modos de execução, tendo em especial atenção o modo de execução de aterros;
- Considerações relativamente à escavação dos maciços rochosos, distinguindo-se zonas de escavação com meios mecânicos e com explosivos.

2.4.4 - Ângulo de atrito interno do solo

Nas obras de execução de taludes devem ser respeitadas as inclinações que naturalmente o talude teria. Estas são definidas pelo ângulo de maior inclinação em que uma parede de solo escavado se mantém sem que os materiais que o constituem se desmoronem ou

deslizem. A inclinação do talude deve ser igual ao ângulo de inclinação dos materiais designado por ângulo de atrito. Na Tabela 5 estão definidas os ângulos de atrito para os vários tipos de terreno e segundo diferentes autores.

Tabela 5 - Ângulo de atrito interno

(Spangler et al (1984); Buttrick (1992); Pilecki et al (2006), *apud* (Nel and Haarhoff , 2011))

Tipo de solo	Fonte / Data				
	Spangler et al (1984)		Buttrick (1992)		Pilecki et al (2006)
Argila	0	10			15
Areia siltosa húmida	15	30			
Areia seca	25	40			39
Cascalho	30	40			39
Marga	30	45			
Argila dura	25	45			
Cinzas	25	45			
Argila e areia compacta	40	50			
Argila siltosa			45	60	
Silte argiloso			45	75	
Alternado quartzo e argila siltosa			80	90	
Quarto com silte argiloso			45	90	
Cascalho e xisto				90	

3 - DRENAGEM DAS ÁGUAS PREJUDICIAIS À ESCAVAÇÃO

3.1 - Introdução

Os sistemas de drenagem visam escoar a água dos solos, recorrendo a tubos, túneis, canais, valas ou fossos, com a instalação de bombas hidráulicas, de forma a evitar a instabilidade do terreno aquando da escavação.

Identificam-se, de seguida, as principais razões para efetuar a drenagem das escavações (Miranda, s.d.):

- permitir trabalhar a seco com garantia de maior economia, comodidade e perfeição do trabalho;
- reduzir a impulsão sobre eventuais contenções provisórias;
- reduzir o arraste de finos ou a liquefação;
- garantir a segurança dos trabalhadores e equipamento.

3.2- Rebaixamento do nível freático

O rebaixamento do nível freático é a técnica usada para baixar o nível da água ao redor das escavações, de modo a permitir executar as construções nas devidas condições de segurança.

3.2.1 - Drenagem por vácuo - Agulhas Filtrantes

A drenagem por vácuo é feita com o recurso a agulhas filtrantes (Figuras 11 e 12). O sistema de agulhas filtrantes pode ser composto por tubos de ferro ou PVC com diâmetros entre 1”1/2 a 2”, e comprimento de 3 a 7 m, introduzidas no terreno com injeção de água em pressão. As agulhas podem estar afastadas entre si entre 0,5m e 2,5m.

A extração de água é feita através de um sistema de bombagem. A água deve ser encaminhada para a linha de água mais próxima dos trabalhos.

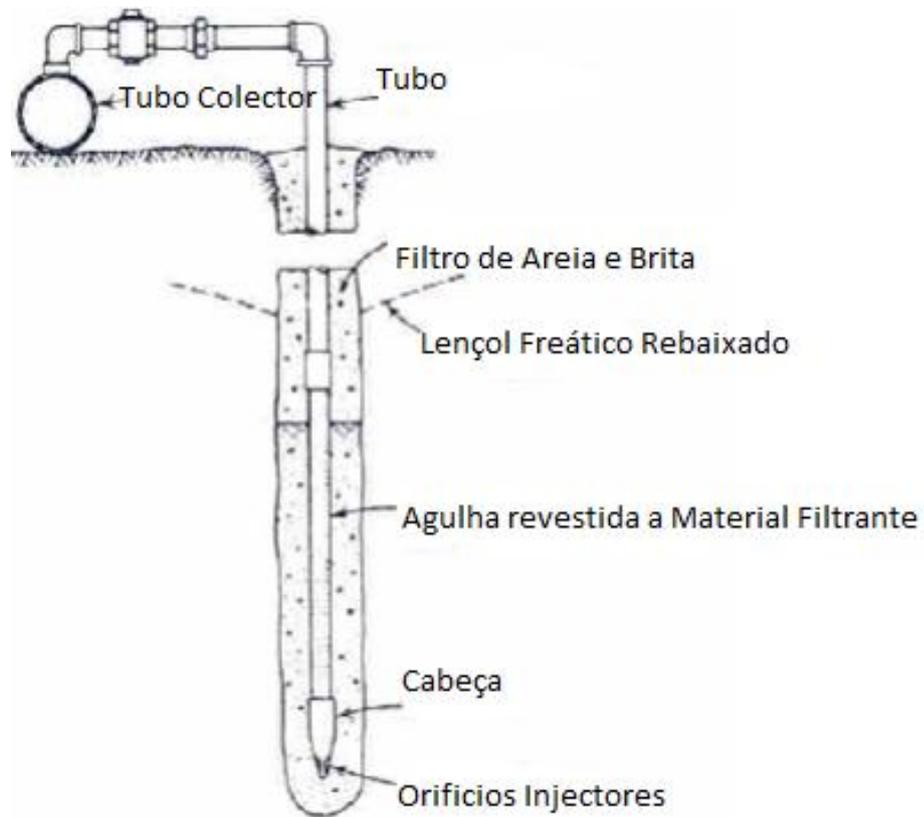


Figura 11 – Esquema da drenagem por vácuo - Agulhas filtrantes (Miranda, s.d.)



Figura 12 – Drenagem por vácuo - Agulhas filtrantes (Miranda, s.d.)

Na Fotografia 1 é apresentado um exemplo de drenagem dos terrenos com recurso a agulhas filtrantes. Esta solução foi aplicada na obra de construção de um sistema de drenagem de águas residuais domésticas executada numa zona lodosa perto da localidade de Quarteira, no Algarve. O Dono de Obra era a empresa Águas do Algarve, S.A. O sistema de drenagem com agulhas foi aplicado numa extensão de, aproximadamente, 80,00m.



Fotografia 1 – Drenagem de águas - agulhas filtrantes

O método de extração de água por agulhas filtrantes para rebaixamento do nível freático apresenta a seguinte limitação; a altura de rebaixamento máxima poderá atingir 5 m a 6 m. No caso de necessidade de altura de rebaixamento superior devem ser instalados vários andares de agulhas filtrantes (Figura 13), a profundidades sucessivas, à medida que a escavação avança (Miranda, s.d.).

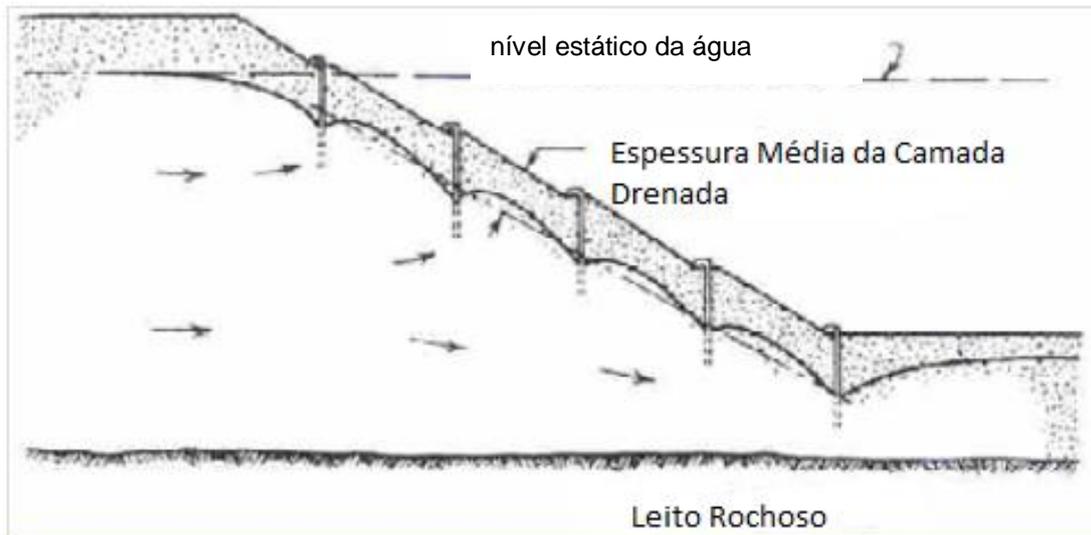


Figura 13 – Esquema de rebaixamento do nível freático - Agulhas filtrantes
(Miranda, s.d.)

3.2.2 - Poços de Bombagem

Os poços de bombagem são aplicados na drenagem da água à superfície ou infiltrada no terreno, junto a escavações, Figura 14.



Figura 14 – Poços de bombagem (Miranda, s.d.)

Os poços de bombagem são executados quando o nível freático se encontra perto da superfície. São utilizados também em solos permeáveis e quando a profundidade a atingir é elevada (Miranda, s.d.).

A execução dos poços de bombagem é feita na zona periférica da escavação, a cota inferior à cota de trabalho. A bombagem é feita em contínuo, por uma bomba colocada na superfície do terreno ou através de uma bomba submersível colocada no fundo do furo (Miranda, s.d.). Deve ser garantido a proteção do tubo de aspiração ou da bomba através de um filtro adequado, Figura 15.

O tubo de aspiração das bombas centrífugas pode atingir profundidades até cerca de 6 m, apresentando fácil controlo do arrastamento de finos do solo.

As bombas submersíveis drenam os solos pouco permeáveis até 15 - 30 m de profundidade (Miranda, s.d.).



Figura 15 – Bomba submersível - aspeto superficial (Miranda, s.d.)

4 - ENTIVAÇÃO DE VALAS

A entivação é um sistema que é instalado nas valas para sustentação dos taludes, impedindo o desmoronamento das terras ou rochas. No mercado há empresas especializadas no fabrico e comercialização deste tipo de equipamento de proteção coletiva, disponibilizando painéis de entivação com dimensões standardizadas e devidamente preparadas e testadas para o efeito.

As entivações são usadas para promover a segurança dos intervenientes da obra nos trabalhos de escavação de valas. A escavação é um trabalho delicado onde se deve tomar precauções para eliminar os riscos que podem levar a acidentes graves.

4.1 - Enquadramento legal das entivações

No decreto-lei n.º 41821, de Agosto de 1958, do Regulamento no Trabalho da Construção Civil (ANEXO II) estão regulamentadas as entivações.

Os aspetos fundamentais a destacar desta legislação, relativos à entivação são os apresentados nos artigos:

Art.º 69

"A entivação de uma frente de escavação compreende elementos verticais ou horizontais de pranchões que suportam o impulso do terreno. Estes podem ser transmitidos diretamente pelos pranchões às escoras ou por intermédio de outros elementos que os liguem entre si por cruzamento. Consoante a natureza do terreno e profundidade da escavação os elementos destinados a suportar os impulsos serão mais ou menos afastados entre si, terão maior ou menor secção e poderão ser de madeira ou metálicos."

Art.º70

"Quando o terreno for escorregadio ou se apresentar sem grande coesão devem usar-se cortinas de estacas-pranchas que assegurem a continuidade do suporte. A espessura mínima das estacas-pranchas deverá ser de 0,05 m para profundidades de 1,20 a 2,20 m e de 0,08m para profundidades de 2,21 a 5m. Para escavações com maior profundidade as estacas-pranchas deverão ser metálicas."

Art.º71

"As escoras devem manter os elementos da entivação na sua posição inicial obedecendo as seguintes condições:

- a) Possuírem resistência suficiente tendo em conta o efeito de varejamento.
- b) Serem apertadas por meio de macacos, cunhas ou outro processo apropriado.
- c) Descansarem sobre uma base estável, quando transmitirem ao terreno as cargas que suportam.
- d) Impedirem o escorregamento da sua extremidade inferior por meio de espeques adequados.
- e) Fazerem a ligação com os barrotes por meio de cunhas cravadas na escavação manual e por cunhas aparafusadas na escavação mecânica."

4.1.1 - Principais cuidados a ter no planeamento e execução das entivações

De acordo com Rocha e Gaspar (2010) considera-se que os cuidados a ter no planeamento e execução das entivações devem contemplar os seguintes aspetos:

- “A entivação deve ser reforçada em todos os locais expostos a vibrações de tráfego ou onde exista o risco de desmoronamento, derrube de estruturas ou vegetação de grande porte.
- A desmontagem das entivações em terreno pouco coeso deve ser efetuada com os trabalhadores fora da zona de perigo.
- Não devem ser deixados vazios entre os painéis de entivação e o terreno. As escavações efetuadas em locais com infra-estrutura podem ser executadas com meios mecânicos até 1m das condutas, com martelos pneumáticos até 0,5m das condutas, e a partir desta distância devem ser executadas com ferramentas manuais.
- Nas escavações com ferramentas manuais os trabalhadores devem manter uma distância de 3,6m entre si.
- Em valas com profundidade superior a 1,50m devem ser instaladas escadas de acesso espaçadas por 15m. Os produtos de escavação não devem ser depositados a menos 0,60m do bordo superior da vala. Neste espaço não deve ser permitida a deposição de materiais e deve ser interdito a trânsito de pessoas e veículos.
- Antes de se executarem escavações próximas de muros ou paredes de edifícios, deve verificar-se se essas escavações poderão afetar a sua estabilidade. Na hipótese afirmativa; serão adaptados processos eficazes, como escoramento ou recalçamento, para garantir a estabilidade.
- Depois de temporais ou de qualquer outra ocorrência suscetível de afetar as condições de segurança estabelecidas, os trabalhos de escavação só poderão continuar depois de

uma inspeção-geral, que abranja os elementos de proteção dos trabalhadores e do público. No caso de surgir um cabo elétrico ou uma tubagem de gás, não assinalados nas plantas, os trabalhos devem ser suspensos, até chegada de um responsável.

- Deve-se vigiar, diariamente, a resistência dos taludes, especialmente se o solo apresentar fissuras muito acentuadas ou se forem apresentadas grandes amplitudes térmicas no decurso da escavação”.

4.1.2 - Constituição de uma entivação de acordo com o decreto-lei 41 821 de Agosto de 1958

Rocha e Gaspar (2010), com base no decreto-lei 41 821 de Agosto de 1958, sistematizaram a constituição das entivações pelos seguintes elementos; corrimão, guarda, escora ou estronca, prumo estaca ou prancha e cinta, Figura 16.

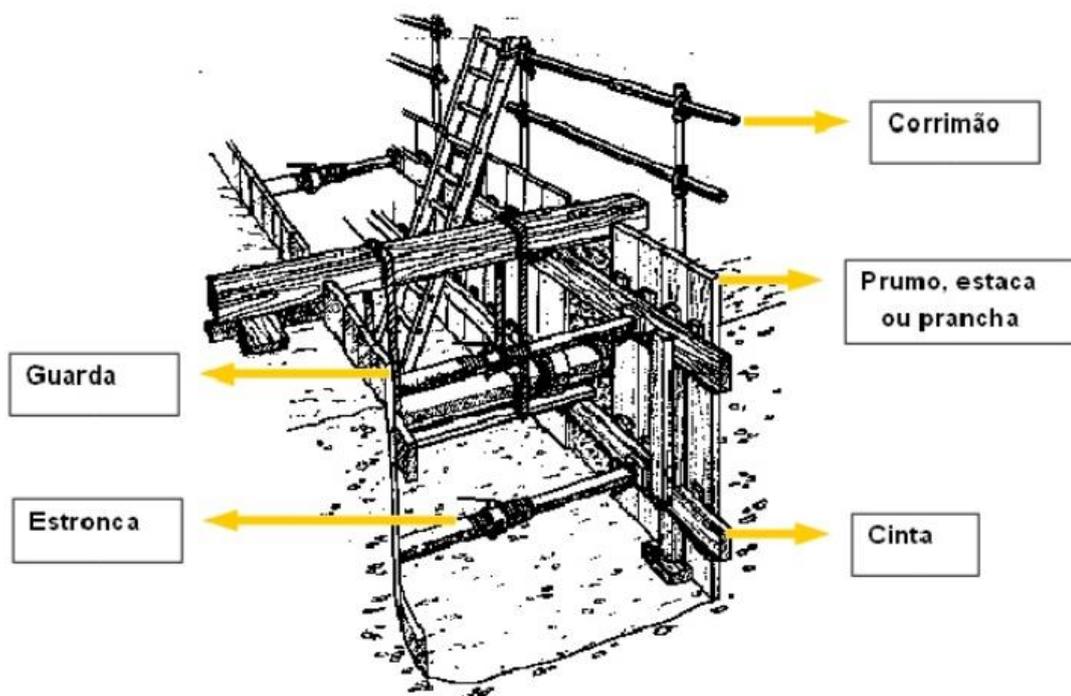


Figura 16 – Constituição de Entivações (Rocha e Gaspar, 2010)

A largura da vala está relacionada com a profundidade da mesma. A relação entre largura e profundidade da vala é apresentada na Tabela 6, de acordo com Rocha e Gaspar (2010).

Tabela 6 – Largura da vala em função da profundidade (Rocha, J; Gaspar, R, 2010)

PROFUNDIDADE DA VALA (m)	LARGURA MÍNIMA LIVRE (m)
$X \leq 1,50$	0,60
$1,50 < X \leq 2$	0,70
$2 < X \leq 3$	0,90
$3 < X \leq 4$	1,20
> 4	1,30

As valas devem ser entivadas quando existir condições para os taludes poderem desmoronar, quer por deslizamento quer por desagregação, pondo em risco os trabalhadores, as construções vizinhas ou os pavimentos. A escolha do tipo de entivação das valas deve ter em atenção a natureza e a constituição do solo, a profundidade de escavação, o grau de humidade e as sobrecargas acidentais, estáticas e dinâmicas, a suportar pelas superfícies dos terrenos adjacentes (Rocha e Gaspar, 2010).

4.1.3 – Trabalho em segurança (Decreto-lei 41821 de Agosto de 1958)

Para além da segurança dos trabalhadores, os sistemas de entivação são de extrema importância para a proteção e segurança de toda a envolvente da obra. Promovem a estabilidade do terreno, assegurando a segurança dos edifícios mais próximos, assim como as vias de tráfego.

Numa situação ótima de trabalho de escavação de valas deveria ser verificado o seguinte perfil:

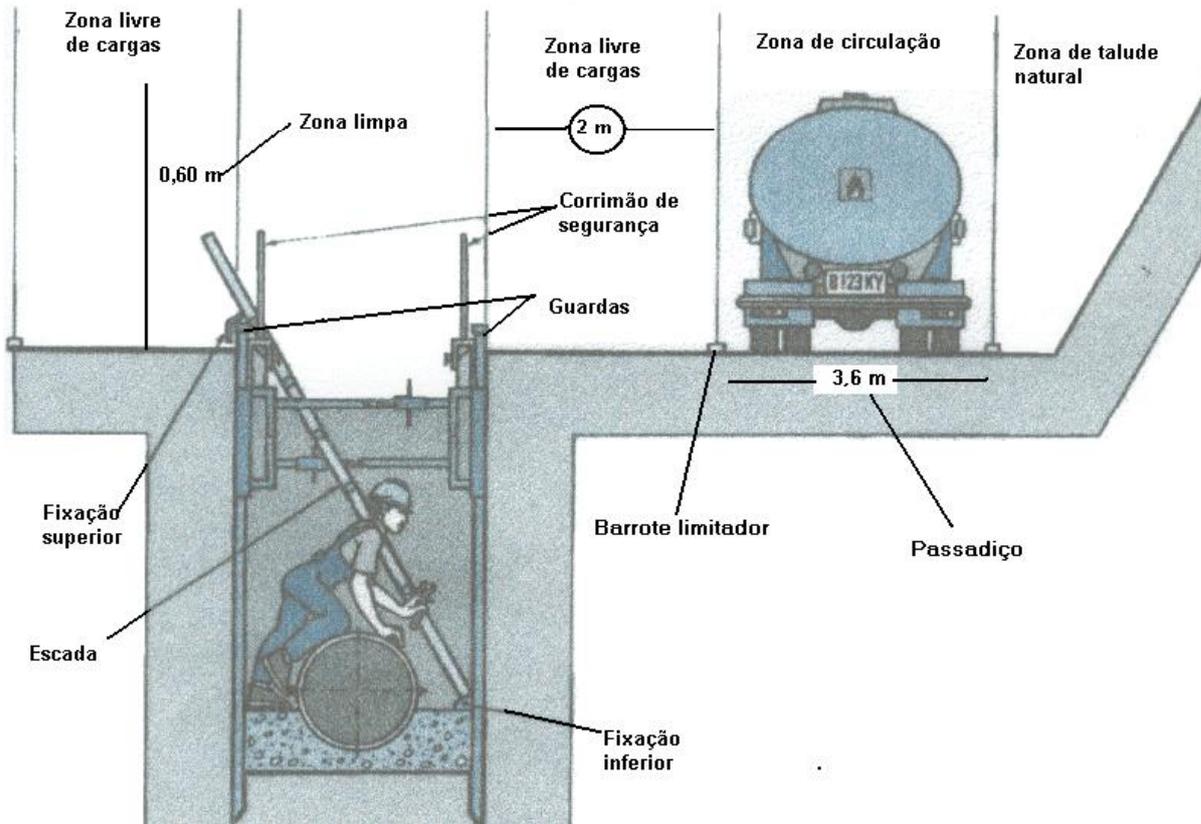


Figura 17 – Entivações - Perfil tipo da zona de trabalho

(http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np_enot_65.pdf)

O perfil da Figura 17 é a representação esquemática dos trabalhos de abertura de vala na via pública. Pela observação do perfil vê-se uma zona de trabalho de aproximadamente 10m de largura. Também se observa que a vala está instalada numa estrada com o trânsito condicionado a uma das faixas de rodagem. Na figura não estão representados os equipamentos de escavação e transporte das terras.

Para se garantir a segurança e a boa execução dos trabalhos, a estrada deverá ser condicionada ao trânsito nos dois sentidos. É importante que haja espaço para estacionar e manobrar o equipamento de escavação e o meio de transporte das terras. É igualmente importante reduzir as vibrações e as cargas provocadas pelo tráfego da via.

4.2 – Montagem e uso das entivações

4.2.1 – Montagem

A montagem das entivações é um processo relativamente fácil e rápido de ser executado bastando para isso seguir os procedimentos adequados. No entanto, a sua aquisição é dispendiosa levando a que as mesmas sejam aportadas às obras em número insuficiente.

As fotografias que se seguem (Figuras 18, 19 e 20) mostram as fases da montagem das entivações (Manual de Segurança, s.d.).

- a) “Em primeiro lugar, o primeiro painel da entivação é colocado com os encaixes voltados para cima. Depois são introduzidas todas as escoras nos encaixes fixando-as ao painel com as cavilhas de segurança”.



Figura 18 – Montagem da entivação (Manual de segurança, s.d.)

-
- b) “De seguida, com o auxílio de uma escavadora, eleva-se o segundo painel com os encaixes voltados para baixo finalizando o processo de montagem da entivação”.



Figura 19 – Montagem da entivação (Manual de segurança, s.d.)

- c) “por fim, colocam-se os cabos ou correntes para levantar a estrutura da entivação, previamente montada, instalando-a na prumada da escavação.”



Figura 20 – Montagem da entivação (Manual de segurança, s.d.)

4.2.2 – Instalação

4.2.2.1 – Sistema de escavação em solos estáveis

Quando a escavação de valas é feita em terreno estável deve escavar-se à profundidade de trabalho. De seguida deve usar-se uma escavadora giratória adequada para movimentar os painéis de entivação e coloca-los na vala. Quando a entivação se encontrar dentro da vala, devem ser desenroscados os extensores para que os painéis da entivação fiquem perfeitamente ajustados às paredes da vala, Figura 21.

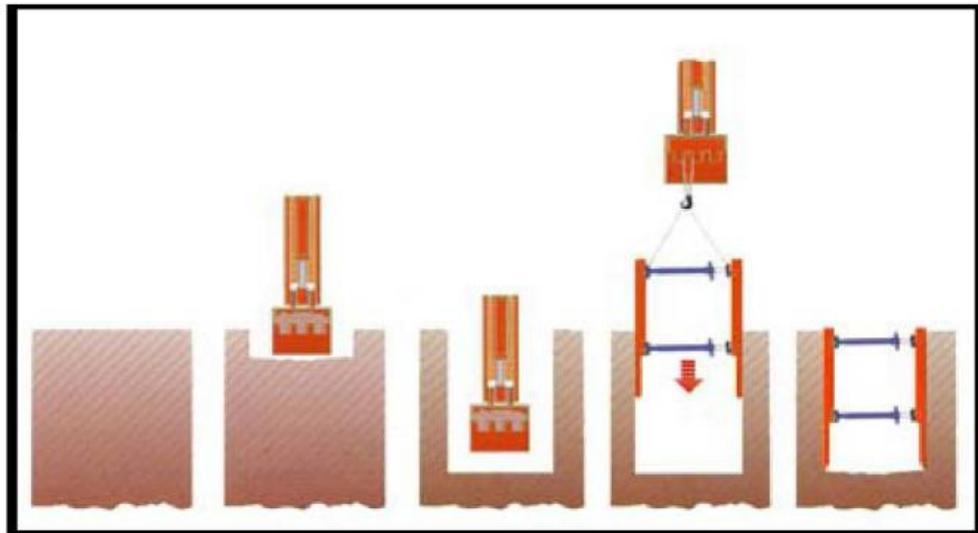


Figura 21 – Instalação da entivação em solos estáveis (Catari, 2010)

4.2.2.2 – Sistema de escavação oscilante para solos instáveis

Quando a escavação de valas é feita em terreno instável deve ser escavada uma secção da vala ao comprimento dos painéis de entivação tão profunda quanto o terreno o permitir. O corte piloto a executar é geralmente até 1,00m. Depois, deve-se erguer a entivação previamente montada, com uma escavadora adequada e baixá-la na vala. Posteriormente, a entivação é enterrada cerca de 50cm de cada vez à medida que se escava no seu interior.

A entivação deve manter-se nivelada, empurrando-a alternadamente nos quatro cantos com o balde da escavadora como mostra a Figura 22.

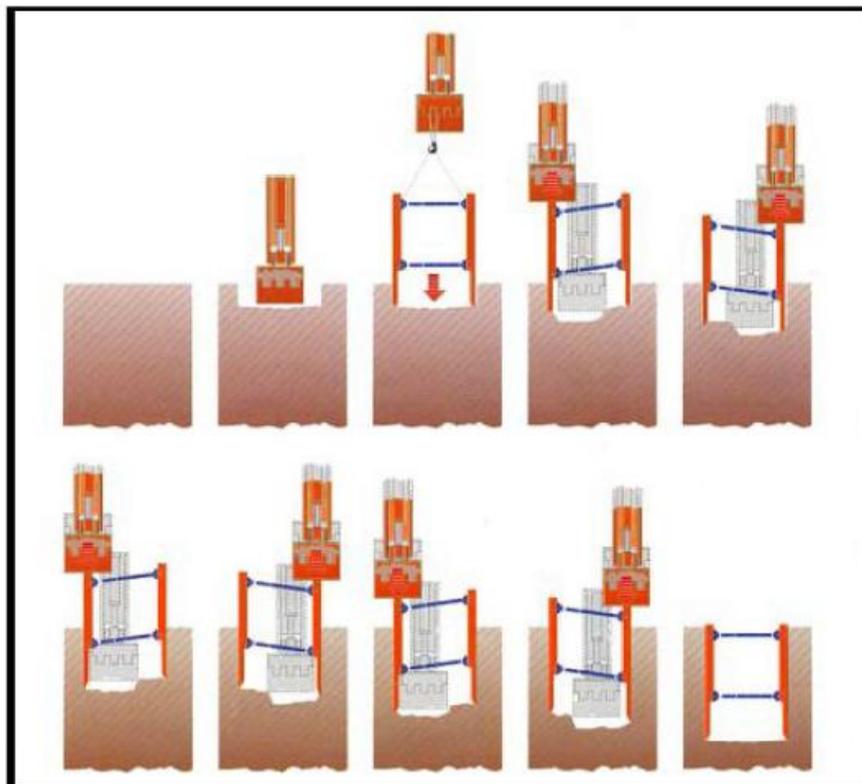


Figura 22 – Instalação da entivação em solos instáveis (Catari 2010)

Deve assegurar-se que durante este processo as escoras não sejam inclinadas mais do que 15° em relação à guia dos painéis, ou podem ocorrer danos nas testas das escoras. Nenhum canto da entivação deve ser empurrado mais de 20cm em relação a qualquer outro canto. Esta operação deve ser repetida até que a profundidade desejada da vala seja alcançada ou até que o topo da entivação esteja ao nível do terreno.

Sempre que a profundidade da vala seja superior à altura do painel de entivação, usa-se um módulo de sobreposição cuja montagem é similar à montagem do módulo principal.

Depois de instaladas as entivações são executados os trabalhos necessários para aplicação da tubagem e aterro, no espaço útil interno da entivação. Após a execução destes trabalhos é removida a entivação dando-se como concluída a tarefa.

A Figura 23 ilustra a escavação feita dentro dos painéis de entivação.



Figura 23 – Escavação dentro dos painéis de entivação (Manual de segurança, s.d.)

Para melhor elucidar este processo explica-se de seguida o procedimento a adotar para execução do aterro e remoção da entivação:

- 1 - Após terminar todas as tarefas dentro da vala, faz-se o aterro até à profundidade permitida (normalmente 45 a 50cm);
- 2- Usando uma corrente presa á escavadora içá-se cada canto do módulo até que este tanja o topo do aterro;
- 3 - O aterro deverá ser compactado e os processos anteriores devem ser repetidos para se continuar o aterro;

4.2.3 – Remoção da entivação

A remoção da entivação é feita com cabos que são presos às entivações. De seguida são presos à lança da escavadora e são elevados, possibilitando a remoção das entivações. A Figura 24 apresenta um esquema da remoção das entivações.

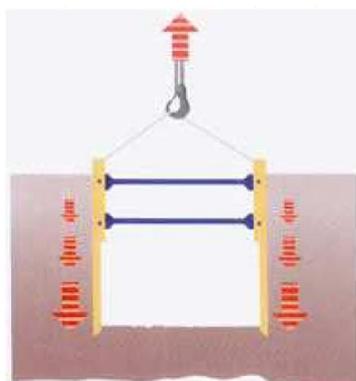


Figura 24 – Remoção da entivação (Catari, 2010)

5 - EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS EM VALAS

A escolha do equipamento de escavação para a execução de um determinado trabalho, depende da análise previa dos fatores que influenciam o seu comportamento.

Existem três fatores fundamentais que possibilitam escolher o equipamento (Escavação, s.d.):

- Fatores naturais;
- Fatores de projeto;
- Fatores económicos.

Os **fatores naturais** são os que dependem da natureza dos solos, da sua topografia e da existência ou não de nível freático. O primeiro aspeto a ter em especial atenção são as características do solo. De seguida observa-se a topografia da zona de intervenção da obra que pode ser mais ou menos acidentada. É também importante avaliar a precipitação da zona de intervenção dos trabalhos uma vez que este fator influencia diretamente a produtividade dos equipamentos (Escavação, s.d).

Os **fatores de projeto**, indicam a quantidade de trabalho a desenvolver. No projeto é descrita a quantidade de terras a escavar, são indicadas as distâncias necessárias a percorrer para o transporte das terras quer sejam a vazadouro quer sejam para a aterro e indicam também as dimensões das escavações a executar em obra. Quando são conhecidos os volumes de terra a movimentar é possível definir o tipo de equipamento a utilizar na obra bem como as quantidades de equipamento a afetar a cada tarefa. O número de equipamentos de transporte de terras é definido pela distância do transporte bem como da capacidade de carga de cada meio de transporte (Escavação, s.d).

Os **fatores económicos** determinam a escolha dos equipamentos. Um equipamento menos pesado consome menos combustível comparativamente com um equipamento mais pesado, então este é um fator a considerar na redução dos custos da obra (Escavação, s.d).

Conhecidos todos estes fatores, escolhe-se a solução e as máquinas mais convenientes, de modo a maximizar rendimentos e minimizar custos. Para isso, é necessário conhecer as características dos equipamentos.

5.1 – Equipamentos mais usados na escavação de valas

5.1.1 – Escavadoras Giratórias (Rodas e rastos)

O equipamento mais usado para a escavação de valas de maior dimensão é a escavadora giratória. As escavadoras giratórias são equipamentos que se movimentam sobre rodas o que lhes proporciona mobilidade mais rápida ou movimentam sobre rastos de forma mais lenta mas que lhe permite uma maior estabilização da máquina sobre os diversos tipos de solos.

Apesar do enorme peso destes equipamentos, a grande área de contacto com o solo permite que as pressões sejam relativamente baixas, a rondar o 1 kg/cm², dotando-as de favorável flutuação em terrenos com baixa capacidade de suporte, boa estabilidade e razoável capacidade de tração (Ricardo e Catalani, 2007).

Na Figura 25 vem identificado o nome dos principais componentes das escavadoras giratórias.

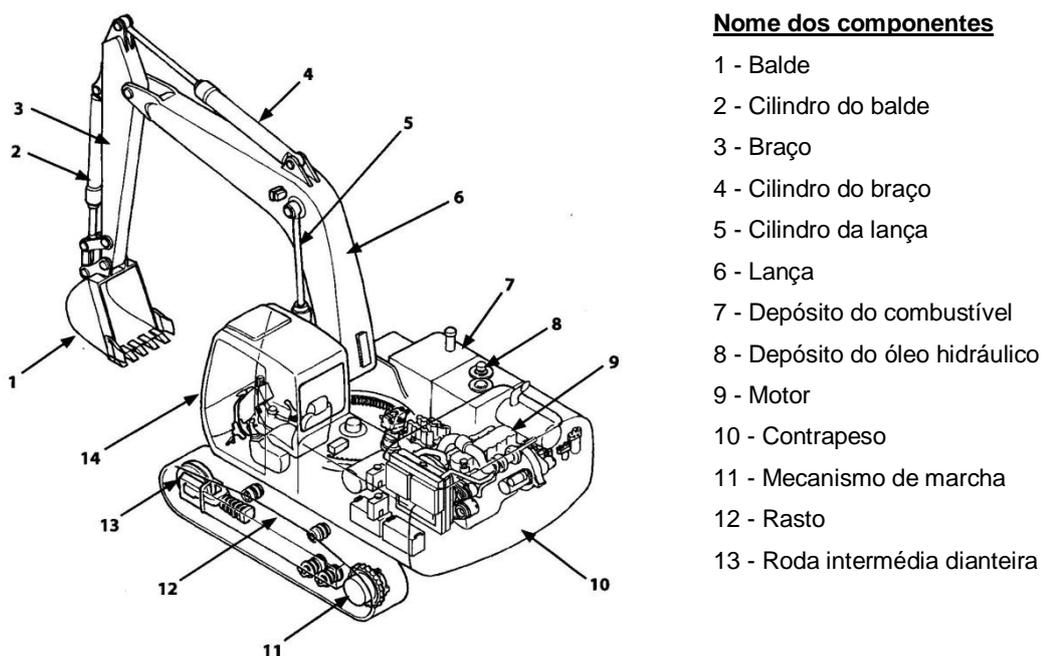


Figura 25 – Componentes da escavadora giratória

(Hitachi Construction Machinery Co., Lda. - Manual de operador, 2009)

As escavadoras giratórias, são equipamentos que escavam e carregam o material proveniente da escavação sobre outro equipamento que posteriormente o transporta para local adequado.

Este tipo de equipamento trabalha estacionado, servindo-se da sua capacidade de rotação de 360° para melhor desempenhar a sua função.

As escavadoras giratórias, produzem valas pouco uniformes. A reutilização do material escavado no aterro da vala depende somente das suas características.

Para escavar valas em solos brandos é usado o balde, para escavar valas em rocha branda é usado o ripper e para escavar valas em rocha dura é usado o martelo hidráulico.

Baldes

Os baldes podem ter várias formas podendo ser solicitadas ao fabricante para se adaptar ao trabalho a executar (Figura 26). Com a aquisição, as máquinas vêm equipadas com um balde “standard”, com dentes, e preparado para todo o tipo de trabalhos correntes.

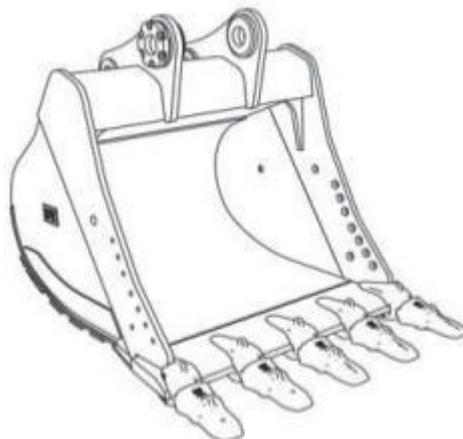


Figura 26 – Balde "standard"

(Hitachi Construction Machinery Co., Lda. - Manual de operador, 2009)

Há baldes sem dentes destinados à regularização de taludes e paredes de canais. Há baldes com furos para o escoamento da água na escavação de solos saturados (Figura 27).

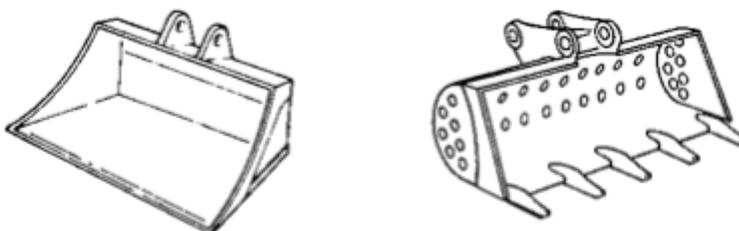


Figura 27 – Balde de regularização (Esq.); Balde perfurado (Dir)

(Hitachi Construction Machinery Co., Lda. - Manual de operador, 2009)

Ripper e Martelo

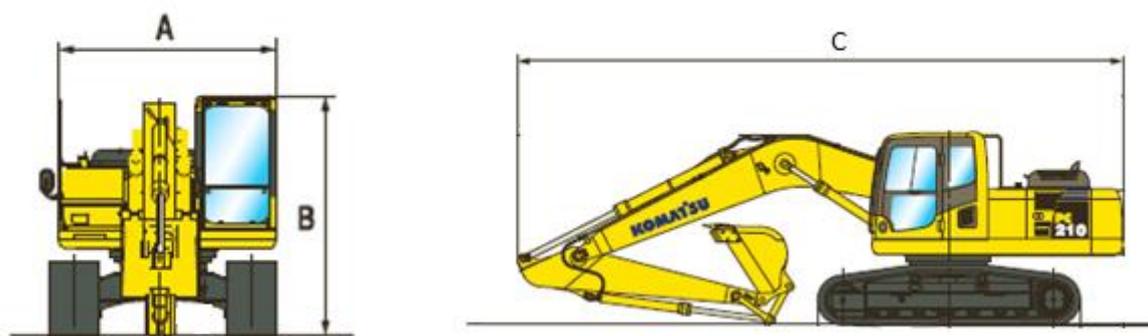
Para se adaptar aos vários tipos de solos as escavadoras giratórias podem usar acessórios como é o caso do ripper e do martelo hidráulico, representados na Figura 28.



Figura 28 – Ripper (Esq.); Martelo Hidráulico (Dir.).

(STET - www.stet.pt, 2013)

As dimensões do equipamento condicionam a escolha do tipo de transporte para as obras (Figura 29). Esta configuração dos equipamentos permite identificar os reboques apropriadas ao transporte de máquinas e dentro dos limites legais. Os equipamentos de maior dimensão exigem que o seu transporte seja assinalado com um, ou dois carros piloto, outros ainda necessitam que o transporte seja feito por módulos. Estas dimensões são distinguidas na norma ISO 7135:2009.



A - Largura da máquina

B - Altura da máquina

C - Comprimento em posição de transporte

Figura 29 – Dimensões para transporte

(www.komatsu.com)

Na Figura 30 está representado os raios de ação das escavadoras giratórias, sendo estes posteriormente apresentados na Tabela 8.

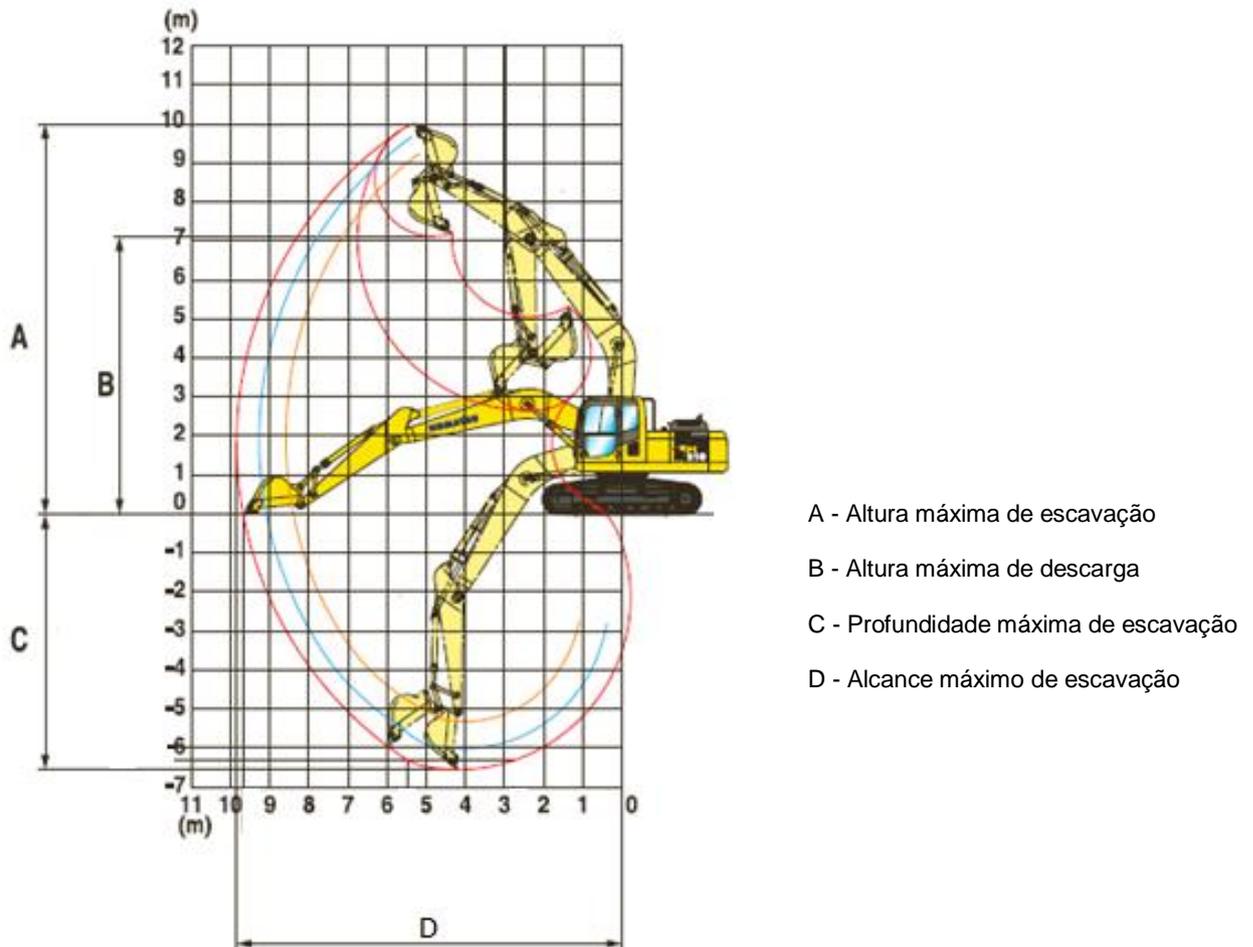


Figura 30 – Raios de Ação

(www.komatsu.com)

Na Tabela 7 vem apresentado o exemplo de três máquinas de escavação mais usadas na escavação de valas. É de referir que outras marcas possuem modelos equivalentes aos aqui apresentados.

Tabela 7 – Dimensão do equipamento para transporte (elaborado com base nas fichas técnicas da marca)

marca	modelo	peso (kg)	Dimensão do equipamento para transporte		
			largura (mm)	altura (mm)	comprimento (mm)
KOMATSU	PC450-8	44 350	3 490	3 635	11 940
KOMATSU	PC210-8	21 390	2 800	3 035	9 540
KOMATSU	PC130-8	12 380	2 490	2 855	7 590

Tabela 8 – Dimensão do balde e raios de acção (elaborado com base nas fichas técnicas da marca)

marca	modelo	Dimensões do balde		Raios de Acção			
		largura (mm)	capacidade (m3)	A - altura máxima de escavação (mm)	B - altura máxima de descarga (mm)	C - profundidade máxima de escavação (mm)	D - alcance máximo de escavação (mm)
KOMATSU	PC450-8	1 745	1,900	10 915	7 565	7 820	12 025
KOMATSU	PC210-8	1 500	1,680	9 500	6 630	5 380	8 850
KOMATSU	PC130-8	1 000	0,55	8 650	6 210	5 520	8 290

5.1.2 – Miniescavadoras Giratórias

As miniescavadoras giratórias são máquinas bastante ligeiras ideais para pequenos trabalhos, que de outra forma, só poderiam ser executados recorrendo a ferramentas manuais. A Figura 31, representa uma miniescavadora giratória que em tudo é igual à escavadora giratória, mas com reduzidas dimensões e capacidades.



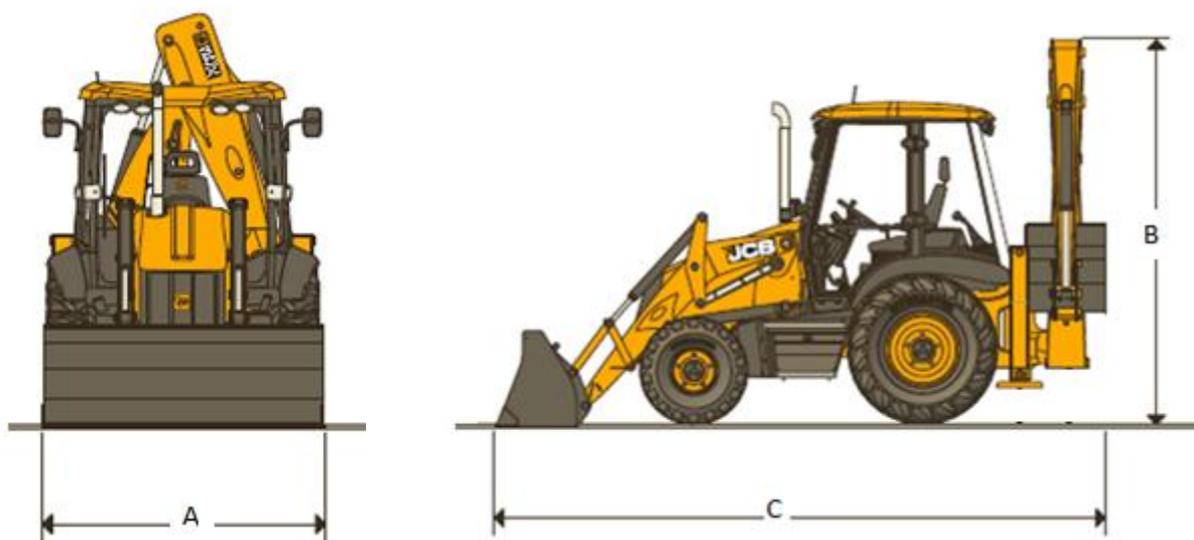
Figura 31 – Mini-escavadora Giratória

(<http://www.jcb.com>)

5.1.3 – Retroescavadoras

As retroescavadoras têm limitações similares às das escavadoras e requerem ainda mais tempo para a abertura da vala. A utilização de ripper e martelos hidráulicos como acessório auxiliar também é imprescindível para abrir valas em rocha.

Na Figura 32 vêm identificadas as dimensões do equipamento retroescavadora.



marca	modelo	peso (kg)	Dimensão do equipamento para transporte		
			A - largura (mm)	B - altura (mm)	C - comprimento (mm)
JCB	3CX	7370	2230	3480	5910

Figura 32 – Dimensões da retroescavadora (elaborado com base nas fichas técnicas da marca)
(<http://www.jcb.com>)

É uma máquina de escavação e de movimentação de terras, com um balde dianteiro horizontal de grande capacidade e um traseiro montado num braço articulado, ambos com acionamento hidráulico, que se movimenta sobre pneus e está equipada com dispositivos hidráulicos para a sua estabilização durante a operação de escavação.

Trata-se de uma máquina capaz de escavar e empurrar a terra.

5.1.4 – Valadoras

As valadoras são equipamentos de escavação que para além de escavarem gerem o respetivo material escavado (Figura 33). As valadoras podem ser utilizadas em escavação para projetos de pequena escala, como instalações de infraestruturas a pouca profundidade ou para projetos de grande escala como a instalação em rocha de condutas a grande profundidade, dependendo do modelo utilizado. A profundidade de escavação deste equipamento varia em função do modelo utilizado.

As valadoras escavam valas mais rapidamente, definindo o melhor controlo de inclinações. Permite valas limpas e estáveis, reduzindo o custo da mão-de-obra. No entanto, a maior vantagem do uso de valadoras na escavação de valas é a possibilidade de utilizar o material escavado como material de enchimento da vala e eficiência de custos (VERMEER, 2007).

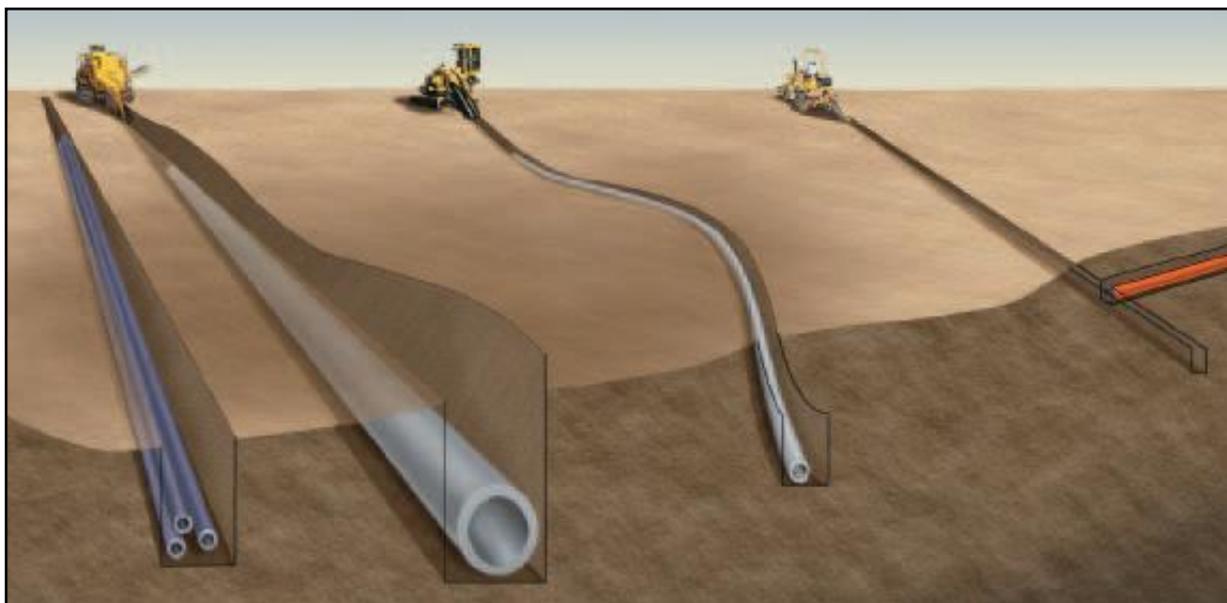


Figura 33 – Valadoras com diferentes capacidades (Vermeer, 2007)

As valadoras criam valas uniformes com dimensões específicas numa só passagem. As paredes da vala são verticais, a base é direita e a inclinação controlada (Figura 34).



Figura 34 – Valadoras - características do equipamento (Vermeer, 2007)

As valadoras grandes combinam o peso com a elevada potência para atingirem uma capacidade de escavação superior. O peso mantém a valadora estável e no traçado alinhado. A potência gera a força necessária para a abertura da vala.

A valadora possui um tapete de descarga que transporta os solos escavados para um dos lados da máquina, podendo vir a ser posteriormente utilizados como material de enchimento da vala.

A lança de escavação suporta a corrente e os bicos para efetuar o processo de corte e escavação. As lanças são ajustáveis para diferentes profundidades.

As valadoras grandes podem ser utilizadas para abrirem valas em todos os tipos de terreno, incluindo terra vegetal, argilas, xistos e a maioria das rochas. Os conjuntos de escavação podem ser facilmente substituídos para aumentar ou diminuir a largura e/ou profundidade da vala (VERMEER, 2007).

5.2 – Equipamentos mais usados na compactação nas camadas de aterro de valas

Existe uma grande diversidade de equipamentos de compactação que podem ser utilizados. Neste ponto faz-se um breve resumo dos mais comuns.

5.2.1 – Saltitão

O saltitão, Figura 35, vem munido de uma base de compactação quase plana, que depois de acionada cria movimentos fortes contra o terreno. É muito utilizado na compactação de valas estreitas e pouco profundas, e é especialmente usado, com muitos bons resultados, na compactação do terreno localizado entre a tubagem e as paredes das valas de maiores dimensões.

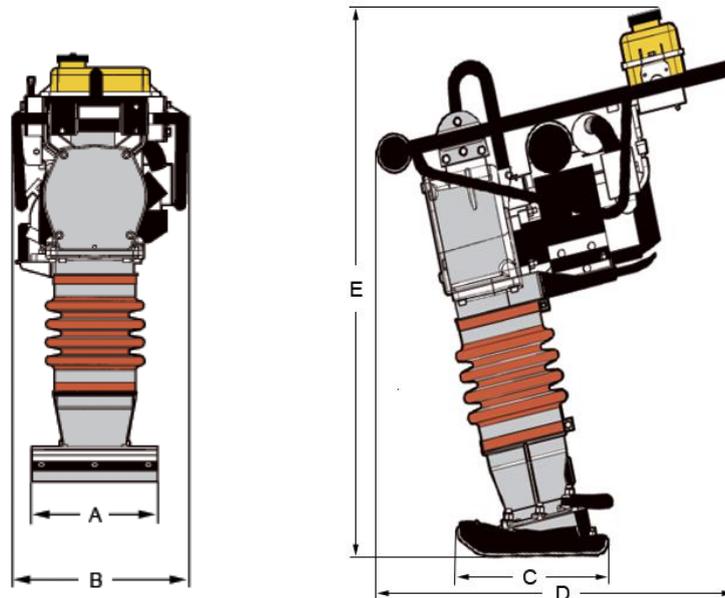


Figura 35 – Dimensões do Saltitão - equipamento leve de compactação
(Ficha técnica Dynapac disponível em www.dynapac.com)

Tabela 9 – Dimensões do equipamento - Satitão (elaborado com base nas fichas técnicas da marca)

marca	modelo	Força de impacto (kN)	Dimensões do equipamento				
			A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)
Dynapac	LT600 9"	14.80	230	395	330	680	1,074
Dynapac	LT600 11"	14.80	280	395	330	680	1,074

5.2.2 – Cilindro apeado

O cilindro apeado é muito útil na compactação das primeiras camadas de terreno, imediatamente acima da tubagem instalada, por este ter a capacidade de compactar devidamente o terreno sem danificar a tubagem.

A Figura 36 é um exemplo deste tipo de equipamentos ligeiros de compactação.

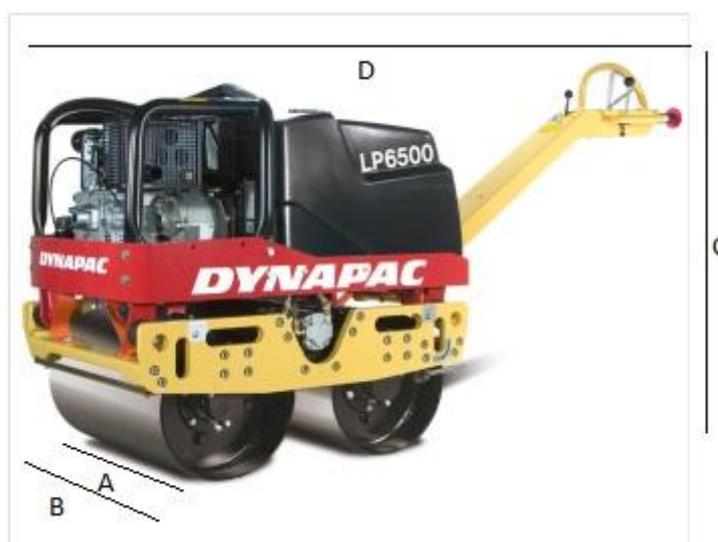


Figura 36 – Cilindro apeado - equipamento ligeiro de compactação
(www.dynapac.com)

Tabela 10 – Dimensões do equipamento - cilindro apeado (elaborado com base nas fichas técnicas da marca)

marca	modelo	Força (kN)	Dimensões do equipamento			
			A - Largura do rolo (mm)	B - Largura total (mm)	C - Altura (mm)	D - Comprimento (mm)
Dynapac	LP6500	21	650	714	1045	2514

5.2.3 – Cilindro Montado

A compressão do cilindro montado é obtida pelos rolos compressores e rodas metálicas, dotadas de grande peso próprio. A compressão é acrescida pela capacidade de vibração do próprio equipamento.

O cilindro montado apresentado na Figura 37, é especialmente usado nas últimas camadas de aterro das valas de grande dimensão.

O cilindro montado é o equipamento de compactação usado para compactar as últimas camadas de aterro das valas.



Figura 37 – Cilindro montado - equipamento pesado de compactação
(www.dynapac.com)

Tabela 11 – Dimensões do equipamento - cilindro montado (elaborado com base nas fichas técnicas da marca)

marca	modelo	Força (kN)	Dimensões do equipamento			
			A - Largura do rolo	B - Largura total (mm)	C - Comprimento (mm)	D - Altura (mm)
Dynapac	CC1200	27	1200	1310	2395	2640

6 - PRINCIPAIS TIPOS DE OBRAS COM ABERTURA DE VALAS

6.1 - Sistema de abastecimento de águas

Um Sistema de Abastecimento de Água pode ser concebido e projetado para atender a pequenas povoações ou a grandes cidades, variando nas características e na capacidade das suas instalações. Caracteriza-se pela captação de água da natureza, adequação da sua qualidade, transporte e distribuição às povoações na quantidade compatível com as suas necessidades.

Como definição, o Sistema de Abastecimento Público de Água é o conjunto de obras, instalações, destinados a produzir e a distribuir água à população, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

O abastecimento de água é um exemplo onde está presente a escavação de valas para o assentamento das tubagens que abastecem os edifícios a partir da rede pública (Figura 38).

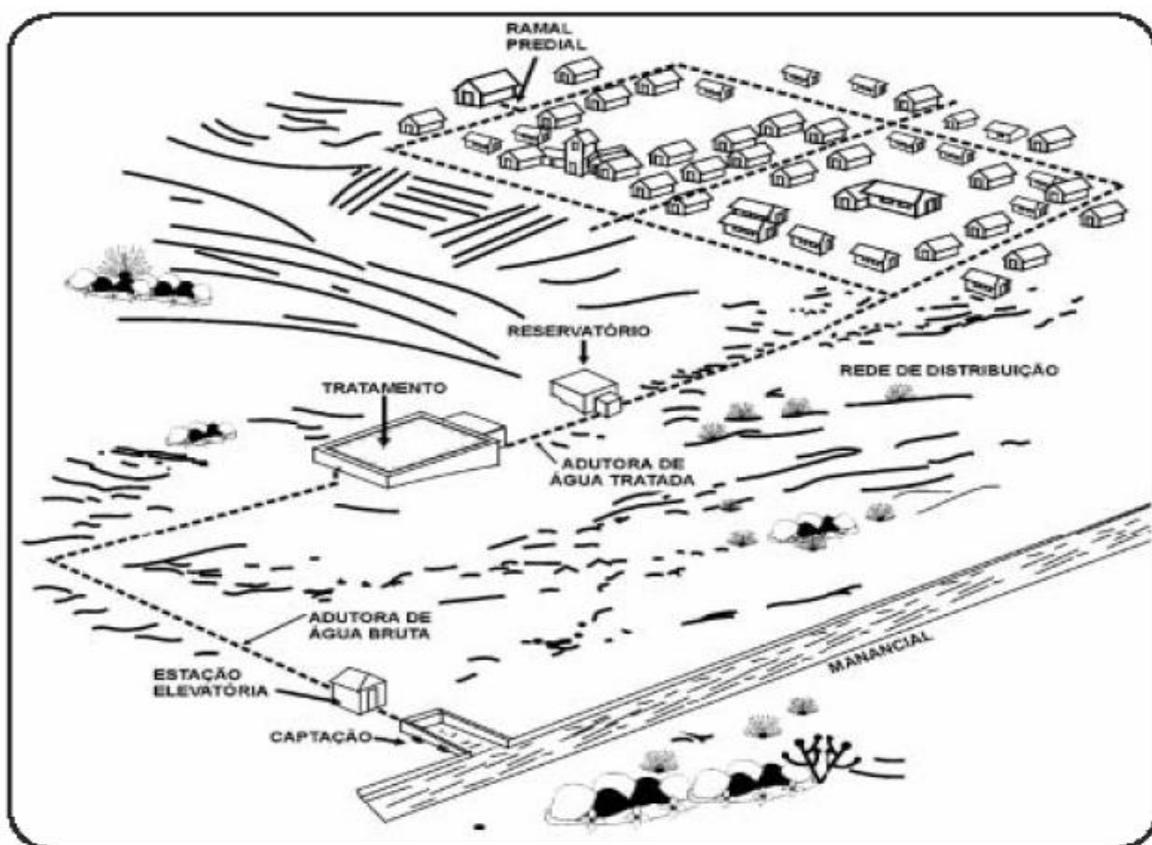


Figura 38 – Constituição de um sistema de abastecimento de água

(http://www.sebrae.com.br/customizado/gestao-ambiental-biblioteca/bib_manual_saneamento.pdf)

Os diferentes componentes do sistema de abastecimento público de água são constituídos por um conjunto de obras, onde a escavação de valas está presente.

A adução é a operação pela qual a água é conduzida desde a captação até ao local da distribuição, ou seja, trata-se de um conjunto de tubagens, acessórios e obras de arte, entre as obras de:

- Captação, a estação de tratamento de água (ETA) e o reservatório de distribuição que abastece a rede de distribuição ou entre a
- Captação e o reservatório de distribuição, caso não seja necessário o tratamento das águas captadas.

6.2 - Rede de drenagem de águas residuais domésticas

A água depois de utilizada transforma-se numa água contaminada, tecnicamente denominada água residual. As águas residuais domésticas contêm uma elevada carga orgânica, bem como grandes quantidades de bactérias e vírus, os quais constituem uma ameaça para a saúde pública (Santos, 2011).

O sistema de drenagem de águas residuais define-se como um conjunto de instalações destinadas a facultar a captação, transporte, tratamento e descarga em condições sanitárias satisfatórias.

Estes sistemas de drenagem pública de águas residuais são, no essencial, formados por redes de coletores, instalações de tratamento (ETAR) e dispositivos de descarga final.

A rede de drenagem de águas residuais (Figura 39) é constituída por coletores, ramais de ligação, câmaras de visita e ETAR. Para o assentamento destes elementos da rede é necessário proceder à execução de valas.

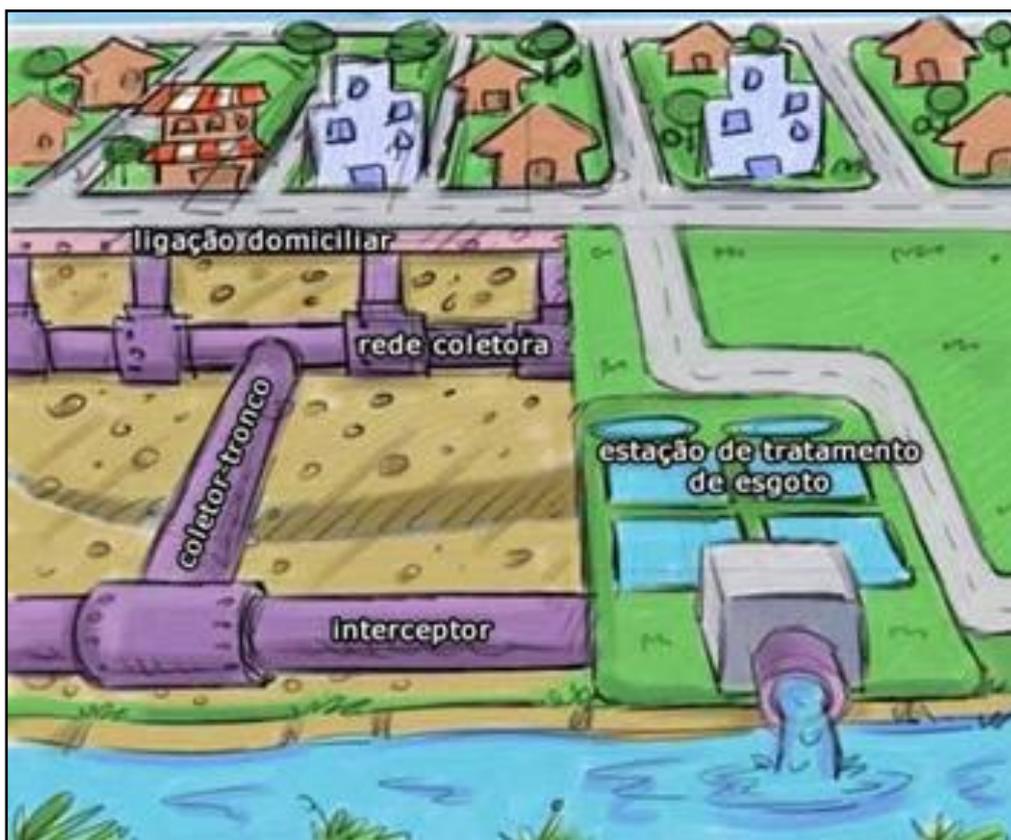


Figura 39 – Constituição de um sistema de drenagem de água residual doméstica
(<http://meioambiente.culturamix.com/projetos/sistemas-de-tratamento-de-esgotos>)

6.3 - Rede de drenagem de águas pluviais

Os principais componentes de sistemas de drenagem de águas pluviais que servem aglomerados populacionais são a rede de drenagem, órgãos especiais e instalações complementares. Para a instalação destes componentes é necessário proceder à escavação de valas e poços.

A rede de tubagens assegura o transporte dos caudais pluviais afluentes, desde os dispositivos de entrada até um ponto de descarga ou destino final.

A rede é constituída, em geral, por coletores de betão de secção circular.

Os órgãos acessórios são os seguintes:

- Dispositivos de entrada (sarjetas de passeio ou sumidouros) - as sarjetas de passeio são dispositivos associados a lancil, com entrada lateral de caudal; os sumidouros são dispositivos que podem estar associados a lancil ou a valeta, com entrada de caudal superior;

- Câmaras ou caixas de visita - destinadas a facilitar o acesso aos coletores, para observação e operações de limpeza e de manutenção.

6.4 - Rede de rega

A rede de rega é feita pelo encaminhamento de água por canais de adução e pode também ser encaminhada por tubagens enterradas de grandes dimensões.

Para a execução dos canais de adução, Fotografia 2, é necessário escavar um canal com as paredes perfeitamente regularizadas para receber a estrutura de betão armado.



Fotografia 2 – Sistema de Rega - canal de adução

Para a execução do sistema de rega com tubagens enterradas, é necessário movimentar o terreno na execução de escavação de valas. Posteriormente é feito o assentamento da tubagem (Fotografia 3) e por fim, é executado o aterro da vala até à última camada, sendo revestida com a terra vegetal que previamente foi armazenada junto às frentes de trabalho.



Fotografia 3 – Sistema de Rega - Execução de troço de tubagem enterrada

O projeto de rega tem que ser uma peça completa, com a informação suficiente e bastante detalhada sobre todas as suas componentes, de forma a poder sustentar um projeto técnico e economicamente viável, adequado ao local e aos objetivos em causa.

7 - ESTUDO DE CASO

No presente capítulo é apresentado o estudo de caso baseado na obra da execução dos Blocos de Rega de Ervidel no concelho de Beja.

Este capítulo está dividido em três partes distintas. Inicia-se com a apresentação da empresa responsável pela subempreitada de movimentação de terras em valas. Posteriormente, é feita a descrição da obra onde se especifica o troço da mesma, alvo do presente estudo de caso. Por fim, são apresentadas as condições técnicas patenteadas no projeto e as condições práticas de execução da subempreitada de movimentação de terras em valas, comparando-as quanto à sua execução.

7.1 - Apresentação da empresa de movimentações de terras em valas.

A empresa denominada Transportes Rosalino & Silva, Lda., criada em 1966, é uma empresa de movimentação de terras que atua no domínio da construção civil de vias de comunicação e infraestruturas. Com sede no Algarve, a empresa adquiriu no Sul de Portugal, uma sólida reputação no mercado das Subempreitadas de obras no ramo das escavações de grandes volumes. O corpo técnico da Transportes Rosalino & Silva, Lda., garante o total cumprimento das exigências dos seus clientes quer ao nível da qualidade final do produto quer no cumprimento dos prazos estabelecidos.

Esta empresa tem um volume de faturação de aproximadamente de dois milhões de euros anuais, fruto do trabalho executado na sua área de especialização.

A empresa possui uma secção de oficinas e armazém que, para além das reparações eventualmente necessárias a executar tanto a veículos como a máquinas, tem um papel muito importante no planeamento e execução das manutenções a efetuar a toda a maquinaria, indispensáveis para o seu bom funcionamento. Apesar das oficinas serem constituídas por variados equipamentos de qualidade, por vezes é necessário recorrer a serviços exteriores especializados (eletricidade, alinhamento de direção). No armazém é organizado todo o material necessário às reparações e manutenções sob a inspeção do responsável.

O rigoroso conhecimento dos recursos humanos de uma empresa, nomeadamente as funções que cada trabalhador exerce, e o local onde as exercem, constituem uma importante ferramenta na distribuição mais correta de cada equipa de trabalho.

7.2 - Descrição da obra

A obra que serviu de base ao presente trabalho é a obra da execução dos Blocos de Rega de Ervidel. Estes blocos distribuem-se pelas freguesias de Ferreira do Alentejo, Mombeja, Santa Vitória (concelho de Beja), Ervidel e Aljustrel (concelho de Aljustrel).

Na Figura 41 vem representada a localização dos Reservatórios R1, R2 e EE.

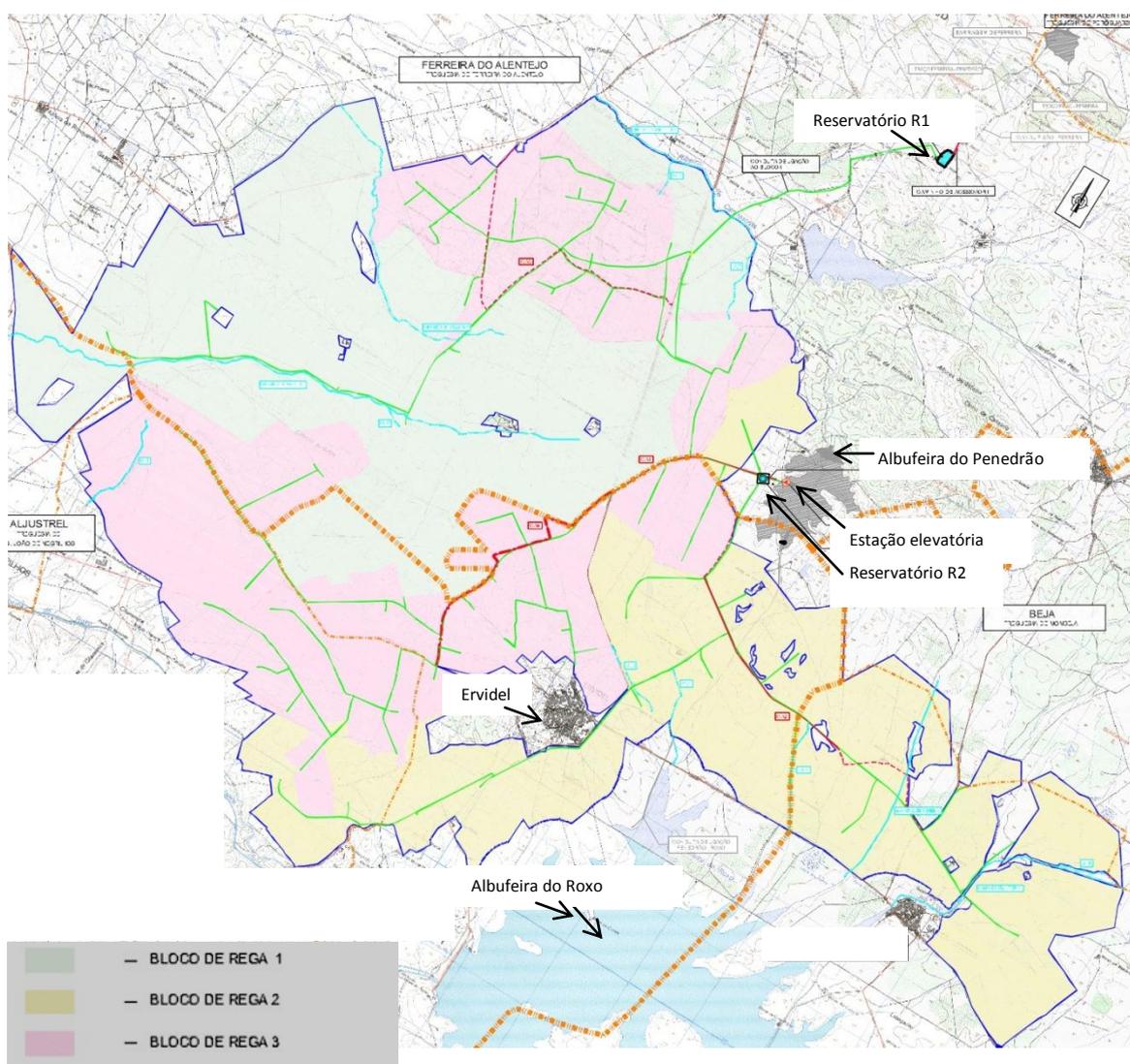


Figura 41 – Localização dos Reservatórios R1, R2 e Estação Elevatória (EE)

O Bloco de Rega de Ervidel que foi acompanhado no âmbito do presente Mestrado foi o **Bloco 2**. Para a execução deste Bloco foi necessário escavar mais de 75.000m³ de terras em valas, cuja profundidade variou entre 3 e 9 metros ao longo dos 23 km de extensão.

O estudo é sobre as movimentações de terras necessárias à implantação da tubagem e aos restantes órgãos da rede.

Para melhor expor este tema optou-se aqui por fazer a análise das movimentações de terras de mais de 7.000 m de vala executados no concelho de Beja, mais propriamente em Ervidel.

7.3 – Condições técnicas de projeto e condições práticas de execução da subempreitada de movimentação de terras em valas

No ponto 7.3.1 são apresentadas as principais características de projeto que se pretende abordar no presente estudo de caso. As informações contidas neste ponto vão ser alvo de posterior análise aquando da exposição das condições práticas de execução da subempreitada, presente no ponto 7.3.2 e seguintes.

7.3.1 - Perfil tipo e perfil longitudinal de projeto

As peças desenhadas do projeto preveem a execução da escavação da vala com as paredes na vertical conforme se demonstra na Figura 42.

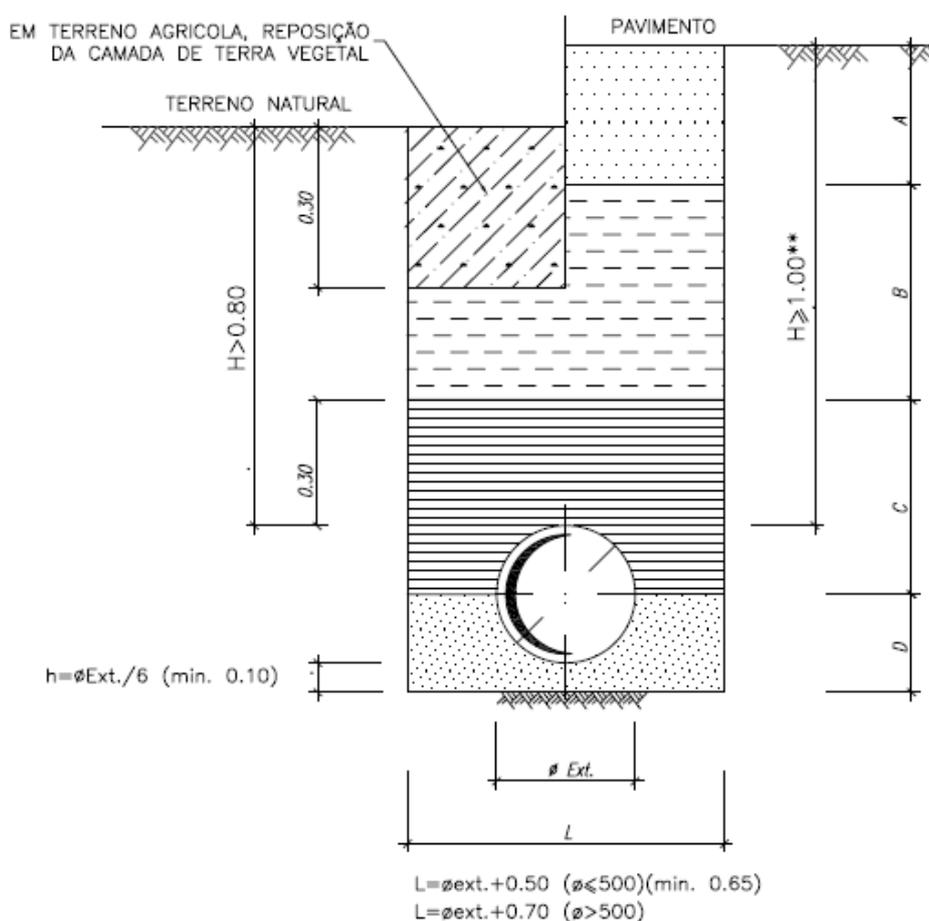


Figura 42 – Perfil tipo da vala - projeto
(excerto da peça desenhada de projeto - Desenho nº033)

7.3.2 – Piquetagem e implementação topográfica

O Empreiteiro procede à implantação do traçado e piquetagem, com base em alinhamentos e cotas de referência fornecidos pelo Dono da Obra. Na piquetagem dos trabalhos são utilizadas mestras de alvenaria ou estacas de madeira com 8 a 10 cm de diâmetro de cabeça, cravadas pelo menos 50 cm, devendo estas ser numeradas e as cotas das suas cabeças ligadas a marcações de referência. O Empreiteiro efetua, de acordo com o Projeto, a implantação planimétrica e altimétrica de todas as obras nele incluído, bem como o saneamento do terreno na zona de implantação das obras.

7.3.3 – Desmatação e decapagem de terra arável

Dá-se o arranque de árvores quando interfiram com as faixas de implantação das condutas, e faz-se o seu transporte a depósito definitivo ou provisório. A decapagem de terra vegetal consiste na limpeza e remoção da terra arável, vegetais, raízes, terra vegetal e outros elementos que pela sua compressibilidade e/ou deterioração, sejam prejudiciais à execução da obra. A decapagem da terra vegetal é a escavação feita na faixa de largura igual à largura da vala. É retirada a terra vegetal com elevado teor de matéria orgânica, geralmente numa camada que não ultrapassa os 30 cm de espessura. A terra proveniente da decapagem é depositada ao longo das valas separadamente dos outros materiais de escavação, para posterior aplicação na zona superficial do aterro das valas. Caso não seja possível, a terra da decapagem é transportada para depósito temporário.

7.3.4 – Escavações

Todas as escavações a executar para implantação das condutas terão as profundidades, dimensões e inclinações dos taludes indicados nos desenhos do projeto. Os produtos da escavação poderão ser utilizados na execução dos aterros desde que satisfaçam as características especificadas nas peças do projeto. Os produtos utilizáveis na obra serão aplicados nos locais definitivos ou colocados em depósitos provisórios. Os produtos da escavação que forem inaproveitáveis ou em excesso, deverão ser colocados em locais de depósito. Os locais de depósito serão indicados pelo dono de obra ou pela fiscalização. Os terrenos afetados pelas obras, deverão ser modelados de acordo com a configuração inicial.

Condições do trabalho

A entivação e o escoramento das escavações e das construções existentes serão estabelecidos de modo a impedir movimentos do terreno e danos nas construções e, por outro lado, a evitar acidentes com as pessoas que circulam na escavação ou na sua vizinhança. Se no decorrer das escavações for encontrada água nascente ou de infiltração, tal facto deverá ser imediatamente considerado, no caso de o projeto não prever a respetiva drenagem. Os dispositivos de proteção contra as águas de drenagem das escavações só devem ser removidos à medida que o estado de adiantamento dos trabalhos o permitir.

Dimensões das escavações

Todas as escavações a executar terão as profundidades, dimensões e inclinações dos taludes indicados nos desenhos do projeto. Durante a execução dos trabalhos, se tal for considerado conveniente, os limites de escavação previamente fixados poderão ser alterados pela Fiscalização. Na execução das retificações de cotas de fundações já existentes, deverá ser sempre assegurado que nos locais onde haja que baixar a cota da superfície das camadas de fundação existentes, as mesmas serão integralmente removidas por escavação, sendo as fundações refeitas de acordo com o especificado. Todas as escavações a executar para implantação das obras deverão ser executadas de forma que, após a compactação, quando necessária, sejam atingidas as profundidades, dimensões e inclinações dos taludes indicados nos desenhos do projeto. Deverão tomar-se todas as precauções necessárias para que o terreno sob e para além dos limites de escavação seja mantido nas melhores condições.

Precauções durante a escavação.

Para a execução de qualquer obra de escavação de valas é necessário ter em conta algumas precauções antes e durante a sua execução. A primeira precaução será a avaliação das condições meteorológicas. O trabalho de escavação de valas está sempre dependente das condições meteorológicas já que altera as características dos solos, obriga à drenagem forçada das águas e reduz drasticamente a produção.

É necessário, antes do início dos trabalhos, criar um plano pormenorizado da sequência dos trabalhos e duração das diversas intervenções de forma a evitar derrapagens desnecessárias no planeamento inicialmente estabelecido.

7.3.5 – Aterros

Características dos materiais

Os materiais a empregar na execução dos aterros poderão ser provenientes de depósitos provisórios criados a partir das escavações das valas para implantação das redes de rega,

desde que as terras dessa proveniência possuam as características adequadas aos aterros, ou de locais de empréstimo indicados no projeto de execução, cujos materiais foram devidamente caracterizados, localizados dentro ou fora do aproveitamento hidroagrícola. As áreas de empréstimo eventualmente a explorar, são definidas pelo dono de obra. Estas deverão ser previamente submetidas a uma limpeza superficial, sendo retirada a camada de terra vegetal bem como raízes de plantas e outros elementos prejudiciais à compactação, que possam existir. Os materiais provenientes dessa limpeza, impróprios para a execução dos aterros, serão depositados de forma mais conveniente e de modo a não se misturarem com as terras provenientes das áreas em exploração, por forma a poderem ser utilizados, caso apresentem a qualidade exigida, na execução de revestimentos vegetais.

Condições de execução

Os aterros não se deverão efetuar sobre terreno enlameado, gelado ou coberto de geada ou ainda sobre vegetação de qualquer tipo. Os aterros serão executados de acordo com as peças desenhadas. As cotas provisórias a dar aos aterros serão tais que, após os assentamentos, se atinjam as cotas fixadas com as respectivas tolerâncias. Só deverá ser dado início à execução de nova camada de aterro depois da Fiscalização ter procedido à vistoria e aprovação da camada anteriormente executada.

Dimensões dos aterros

A espessura das camadas de aterro, antes da compactação, será de 20 cm. As camadas dos aterros das valas compreendem a execução da almofada de assentamento da tubagem, proteção da tubagem com material isento de pedras, aterro final com material proveniente da escavação e por fim, a reposição da camada de terra vegetal (ver Figura 42).

7.3.6 – Transporte de terras

Os volumes de terra a transportar a vazadouro são os correspondentes à diferença entre o volume de escavação e o volume de aterro dos materiais constituintes das fundações, às tubagens e às obras acessórias. Sempre que possível as terras sobranes devem ser espalhadas no local, no todo ou em parte, sendo as restantes conduzidas a depósito definitivo.

7.3.7 – Análise crítica às condições de projeto

Após análise às condições de projeto, verifica-se que há atividades que não se coadunam com o trabalho a executar em obra.

Para o tipo de obra que se pretende aqui executar há aspetos que, de imediato, são alvo de discordância. Em primeiro lugar, o perfil tipo da obra para a escavação das valas apresenta uma configuração de paredes na vertical o que implica a execução da escavação com o recurso a entivações. Considerando a grande extensão da obra, fica claro que este procedimento aumentaria o prazo e os custos de execução da obra.

Em segundo lugar é importante analisar a profundidade média de escavação da vala, uma vez que a mesma vai condicionar a escolha do equipamento de escavação a usar, e vai definir o uso de unidades extensivas das entivações.

Uma das primeiras atividades da obra é a remoção da terra vegetal. Este trabalho está previsto no projeto à largura do perfil tipo da vala. A remoção da terra vegetal deverá ser feita à largura da escavadora para proporcionar a segurança e estabilização do equipamento deixando completamente desatualizada a pretensão do perfil tipo da vala.

7.4 - Condições práticas de execução da Obra

Neste ponto é feita a descrição pormenorizada do faseamento da obra da construção do Bloco de Ervidel.

7.4.1 – Análise dos trabalhos

Antes de se dar início ao trabalho físico em obra é feita uma primeira análise e reflexão sobre as peças escritas e desenhadas de projeto. Depois de analisadas, verifica-se que o traçado da rede se encontra numa zona de terreno brando e conseqüentemente fácil de escavar. Posto isto, dimensionam-se as equipas de trabalho afetando meios humanos e equipamentos para cada frente de trabalho. Idealmente, estes aspetos devem ser tidos em conta na fase de orçamentação.

Foi então definida uma equipa de trabalho constituída por equipamento ligeiro de escavação, nomeadamente escavadora giratória de rastos com balde e ripper. Afeto a esta equipa esteve também um servente e o encarregado de frente de obra. Em estaleiro encontrava-se uma bomba submersível que foi usada para retirar a água da chuva de dentro das valas e ferramentas ligeiras como enxadas e pás.

Definidas as equipas é feito o transporte dos equipamentos para as frentes de trabalho e para o estaleiro. As máquinas de grande dimensão e de rastos devem ser transportados por veículos especiais.

Foi necessário criar um caminho de serviço de aproximadamente um quilómetro de modo a permitir o fácil acesso das viaturas ligeiras e pesadas ao estaleiro da obra.

7.4.2 – Piquetagem e implementação topográfica

A equipa da topografia do Empreiteiro implanta o eixo da vala e define as cotas de fundo para a execução da vala. Antes do início da escavação a equipa de trabalho inteira-se das marcações topográficas implantadas no terreno. Os esclarecimentos são feitos pela equipa da topografia diretamente em obra ao encarregado e ao manobrador, facultando todos os documentos topográficos dessa frente de trabalho. Os esclarecimentos prestados pelos elementos da topografia, nesta fase inicial da obra, são de extrema importância pois evitam erros e atrasos relativamente ao programa de trabalhos da obra.

7.4.3 – Desmatação e decapagem de terra arável

A escavação para remover a terra vegetal é feita à largura dos rastos da máquina para criar estabilidade ao equipamento, aproximadamente 4m de largura, e para criar também uma faixa livre nas laterais da vala. Estas laterais possibilitam a movimentação dos trabalhadores e a deposição das ferramentas de trabalho (Fotografia 4).

Para o caso concreto desta obra, verificou-se que a espessura da camada de terra vegetal variou entre 0.50m e 1.30m, sendo toda retirada e colocada num dos lados da escavação para posterior reutilização no final dos trabalhos na modelação do terreno.

As peças escritas e desenhadas de projeto preveem quantidades apoiadas na largura do perfil tipo da vala e na espessura de 0.30m, ficando aquém das quantidades executadas.



Fotografia 4 – Decapagem de terra vegetal

A faturação do trabalho de remoção da terra vegetal foi feita pelas dimensões e características do estipulado em projeto. No entanto, a execução do trabalho foi feita com base nas características encontradas em obra, sendo para isso necessário aumentar os volumes de escavação quer na largura quer na espessura da camada da terra vegetal. No capítulo seguinte, Análise Económica, será abordado este tema na vertente dos custos causados por este acréscimo de volume de terras movimentadas.

7.4.4 – Escavação de valas

Sempre que se prevê movimentar terras para a execução de valas, é mencionado nos projetos das obras a obrigatoriedade de usar entivações.

As entivações são estruturas executadas em fábrica. Cada jogo de entivação tem um custo de aquisição elevado, mas possui características de montagem fácil e rápida na vala. Podem adaptar-se á largura da vala e aos diâmetros da tubagem a aplicar, bastando para isso regular os extensores da entivação, para mais ou para menos consoante os casos.

Na obra do bloco de rega de Ervidel, este equipamento de proteção coletiva foi abolido pelo empreiteiro, à semelhança do que aconteceu noutras empreitadas dos blocos de rega do Alqueva. O motivo que levou a abolir o uso das entivações deveu-se ao facto de estarmos perante obras de escavação em valas na ordem de quilómetros de extensão e profundidades consideráveis, onde seria necessário aportar à obra um grande número de jogos de painéis de entivação. Mais se acrescenta que, neste caso, a instalação da tubagem em vala seria dificultada pela existência do escoramento dos painéis.

Para contornar este custo da aquisição de um elevado número de painéis de entivação e a dificuldade acrescidas na instalação da tubagem, o empreiteiro optou por criar taludes nas paredes das valas e assim manter as valas dentro dos limites de segurança considerados aceitáveis, como vem apresentado na Fotografia 5.

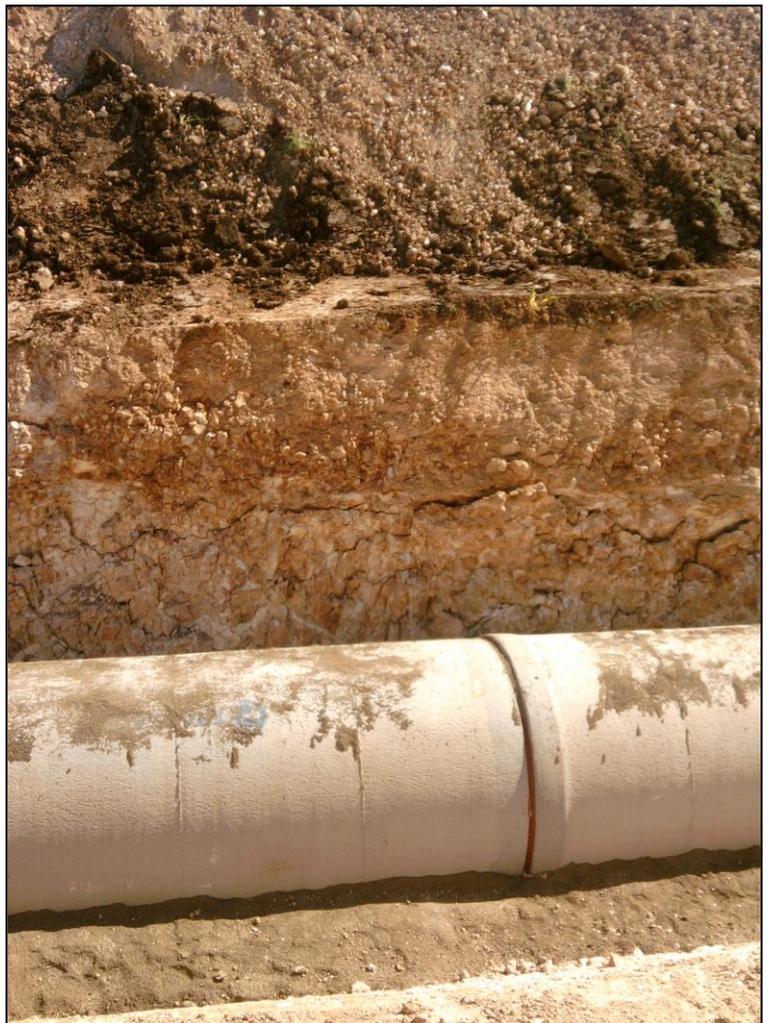


Fotografia 5 – Escavação da vala - Sobrelargura

A sobre-escavação das paredes da vala implica o aumento dos volumes de escavação. O trabalho de escavação executado, é contabilizado pelo perfil-tipo da vala previsto no projeto, sem considerar a escavação adicional que substitui o uso das entivações nas valas. Verifica-se também mais aterro e mais transporte de terras a vazadouro resultante deste método de execução.

O trabalho de escavação de valas está sempre dependente das condições meteorológicas já que altera as características dos solos. As valas devem ser escavadas na presença de clima com pouca humidade ou seco, evitando sempre que possível a escavação na presença de chuva. Deve também ter-se em especial linha de conta a extensão de vala a escavar por dia. Quanto maior for essa escavação maior tempo as valas se encontram expostas aos agentes climatéricos: chuva, vento e sol.

Na obra do bloco de Ervidel, o método adotado pelo empreiteiro foi escavar as valas continuamente e sem interrupções, uma vez que ainda não tinha em stock as tubagens para aplicar na vala. Os quilómetros de vala abertos pelos campos alentejanos eram vistos a longa distância estando estas valas abertas durante várias semanas sem se iniciar as atividades de assentamento de tubagem e aterro da vala. Durante esse tempo houve chuva, sol e vento que fez com que as paredes das valas se desagregassem verificando-se fissuras e a desprega contínua de torrões para a base da vala (Fotografia 6).



**Fotografia 6 – Escavação da vala
Instabilidade visível das paredes da vala, provocada pelo excesso de tempo de
exposição do terreno à ação do sol e do vento.**

Posteriormente, aquando da chegada das referidas tubagens levantou-se o problema da falta de segurança em grande extensão das paredes da vala, bem como a reclamação do

subempreiteiro do assentamento das tubagens quando referia que o fundo da vala deveria estar limpa de torrões e em volta da tubagem apenas ser admitida terra cirandada ou areia. Mais tarde e após o assentamento das tubagens, o problema persistiu continuando-se a verificar a queda de torrões nas laterais da tubagem. Foi então ordenado que os restantes trabalhos de movimentação de terras na atividade de aterro fossem suspensos até que os ditos torrões fossem retirados. Foi assim necessário trabalho acrescido. Foi então necessário colocar o equipamento com o balde invertido para que os trabalhadores, dentro da vala, pudessem, manualmente, limpar os torrões da terra se encontravam ao longo da tubagem (Fotografia 7). Só depois deste trabalho executado é que foi possível executar o aterro da vala.



Fotografia 7 – Escavação da vala - limpeza de torrões da vala

Para que a escavação da vala obedeça ao perfil tipo do projeto era necessário recorrer ao uso de painéis de entivação.

As dimensões comerciais dos painéis de entivação, incluindo a altura dos elementos de sobreposição, não ultrapassam os 6,00m de altura.

Note-se que, grande parte da obra prevê escavar valas com profundidade superior à suportada pelos painéis de entivação, tornando inviável o seu uso.

Na Figura 44 é representado o esquema do perfil real da vala executado.

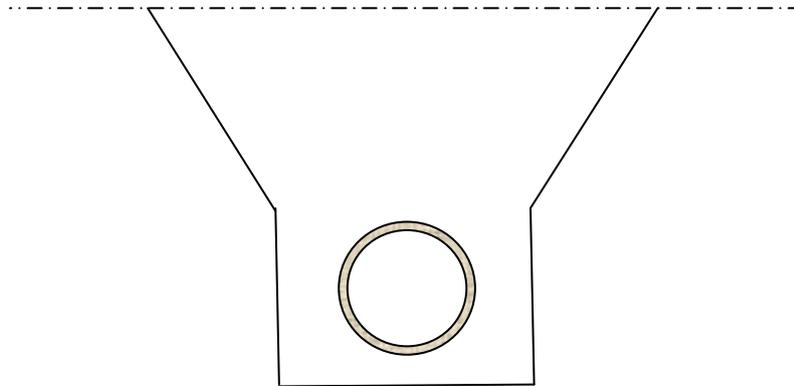
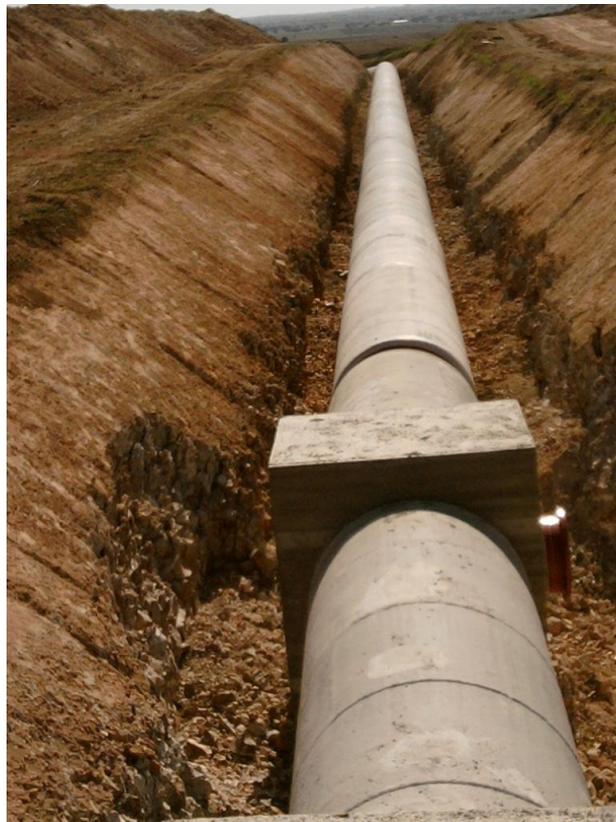


Figura 44 – Esquema do perfil da vala - executado

A Fotografia 8 mostra um trecho da conduta em vala onde é visível a sobrelargura da vala comparativamente com a verticalidade prevista no perfil tipo de projeto.



Fotografia 8 – Vala executado em obra

7.4.5 – Aterro das valas

O aterro das valas é executado por camadas controladas desde a base de assentamento da tubagem até ao espalhamento da terra vegetal.

A base de assentamento da tubagem é executada com areia fina, devidamente regado e compactado, para suportar o peso dos tubos a instalar sem risco de assentamentos. Nesta camada é usado um cilindro apeado em toda a sua extensão.

Depois de colocado o tubo na vala, é feito o aterro até meia altura da tubagem com material fino e isento de pedras. Nesta camada, deve ter-se em atenção a compactação nas laterais da tubagem já que a mesma é de difícil acesso. Esta camada deve ser compactada com o equipamento saltitão, direcionando-o para a base do tubo e contra as paredes da vala. De seguida, é feito aterro até 0,30m acima do extradorso da tubagem. Esta camada deve ser executada com materiais provenientes da escavação (após confirmação do teor ótimo) e compactado com recurso a cilindro apeado, sem qualquer tipo de vibração, para evitar danos na tubagem instalada. As restantes camadas de aterro acima deste, devem ser executadas com 0,25m a 0,30m de espessura e devidamente compactadas com o equipamento cilindro montado, sendo as últimas camadas submetidas à vibração. Por fim, procede-se ao espalhamento da terra vegetal, modelando o terreno o mais aproximadamente possível das suas condições iniciais.

7.5 - Análise económica

No presente subcapítulo pretende-se fazer a comparação dos custos entre a escavação executada pelo perfil tipo patenteado no projeto e a escavação executada em obra.

7.5.1 - Análise económica da escavação das valas executadas pelo perfil tipo de projeto

O perfil tipo da vala do projeto prevê a execução das paredes das valas na vertical garantindo a largura regulamentar transcrita no excerto do decreto regulamentar apresentado na Figura 45.

Artigo 26.º
Largura das valas

1 — Para profundidades até 3 m, a largura das valas para assentamento das tubagens deve ter, em regra, a dimensão mínima definida pelas seguintes fórmulas:

$L = D_e + 0,50$ para condutas de diâmetro até 0,50 m;
 $L = D_e + 0,70$ para condutas de diâmetro superior a 0,50 m;

onde L é a largura da vala (m) e D_e o diâmetro exterior da conduta (m).

2 — Para profundidades superiores a 3 m, a largura mínima das valas pode ter de ser aumentada em função do tipo de terreno, processo de escavação e nível freático.

Figura 45 – Artigo 26º do Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto

Na obra em estudo, foi aplicada tubagem $\phi 1400\text{mm}$ em betão com alma de aço com dimensão exterior da tubagem igual a **1.70m**, com 0.15m de espessura (Figura 46).

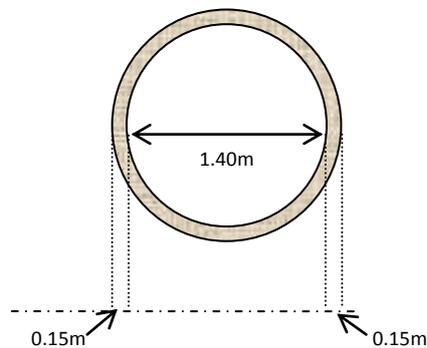


Figura 46 – Cálculo do diâmetro exterior do tubo

A largura da vala de acordo com o art.º 26 do decreto regulamentar 23/95 (Anexo III) é de **2.40m**, como mostra a Figura 47.

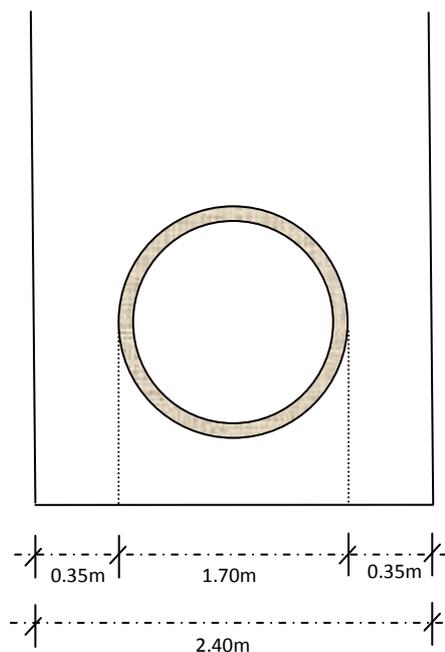


Figura 47 – Largura da vala pelo perfil tipo de projeto

Considerando que estamos perante uma profundidade média de 7.00m chegamos ao volume aproximado de 17m³/m de vala escavada.

Por outro lado, tal como anteriormente referido, para garantir a escavação da vala conforme o perfil-tipo de projeto é necessário recorrer ao uso de painéis de entivação.

No Anexo IV apresenta-se a proposta de aluguer de painéis de entivação mais vantajosa, resultante do mapa comparativo elaborado.

Para o aluguer deste tipo de equipamento de proteção coletiva tem-se, então, 789.90€/mês, ou seja **26.33€/dia/jogo de entivação**.

O equipamento utilizado para a escavação da vala é uma escavadora giratória de rastros. Este equipamento tem um custo unitário compreendido entre 85 a 90€/hora (inclui custo com amortização do equipamento, manobrador e combustível), ou seja aproximadamente **700€/dia**

A escavação executada por dentro dos painéis de entivação é mais demorada, em primeiro lugar pelo tempo necessário à montagem, instalação e remoção da entivação e, em segundo lugar pelos obstáculos encontrados dentro dos próprios painéis de entivação, os chamados extensores (Anexo V).

Mais se acrescenta que a escavação se vê também limitada pelo número de painéis de entivação disponíveis.

A empresa executante da obra dispõe de três conjuntos de painéis de entivação que perfazem uma extensão de 10.00m de vala. Estes conjuntos só podem ser removidos após a realização do trabalho de escavação, instalação da tubagem e aterro da vala até à cota do terreno, demorando este procedimento um dia de trabalho. Neste caso, o rendimento de escavação diário é de, aproximadamente, 170m³/dia.

Na tabela seguinte foi introduzida esta informação obtendo-se o **preço unitário** da escavação da vala, pelo perfil tipo de projeto, recorrendo ao uso dos painéis de entivação:

Tabela 12 – Ficha de custos diretos de produção – perfil-tipo de projeto

FICHA DE CUSTOS DIRETOS DE PRODUÇÃO			
PROJETO			
Mão de Obra:	Custo por dia	Rendimento ou %	Custo por especialidade
Encarregado	160,00 €	100%	160,00 €
Servente	64,00 €	200%	128,00 €
Total do custo de mão de obra :			288,00 €
Equipamento:	Custo por dia	Rendimento ou %	Custo por equipamento
Escavadora giratória com manobrador e gasóleo	700,00 €	100%	700,00 €
painéis de entivação - jogo	26,33 €	300%	79,00 €
Total dos custos de equipamento			779,00 €
Preço unitário			6,28 €/m³
Rendimento	170,00 m ³ /dia		

Da ficha de custos apresentada chega-se ao preço unitário de **6.28€/m³** para a escavação obedecendo ao perfil tipo da obra e recorrendo aos painéis de entivação.

7.4.2 - Análise económica da escavação das valas executadas na obra

A forma encontrada para maximizar a produção, reduzir os custos e cumprir com o prazo global da obra foi abolir a utilização dos painéis de entivação. O empreiteiro optou, então, por violar o perfil-tipo do projeto criando taludes nas paredes da vala (taludes 2:1) de acordo com o ângulo de atrito interno estudado na Tabela 5.

Com esta solução manteve-se a segurança dos trabalhadores e aumentou-se a produção. Faz-se notar que a utilização desta geometria, não implicou necessidade de alteração dos limites de expropriação

A Figura 48 mostra o esquema do perfil tipo executado na obra.

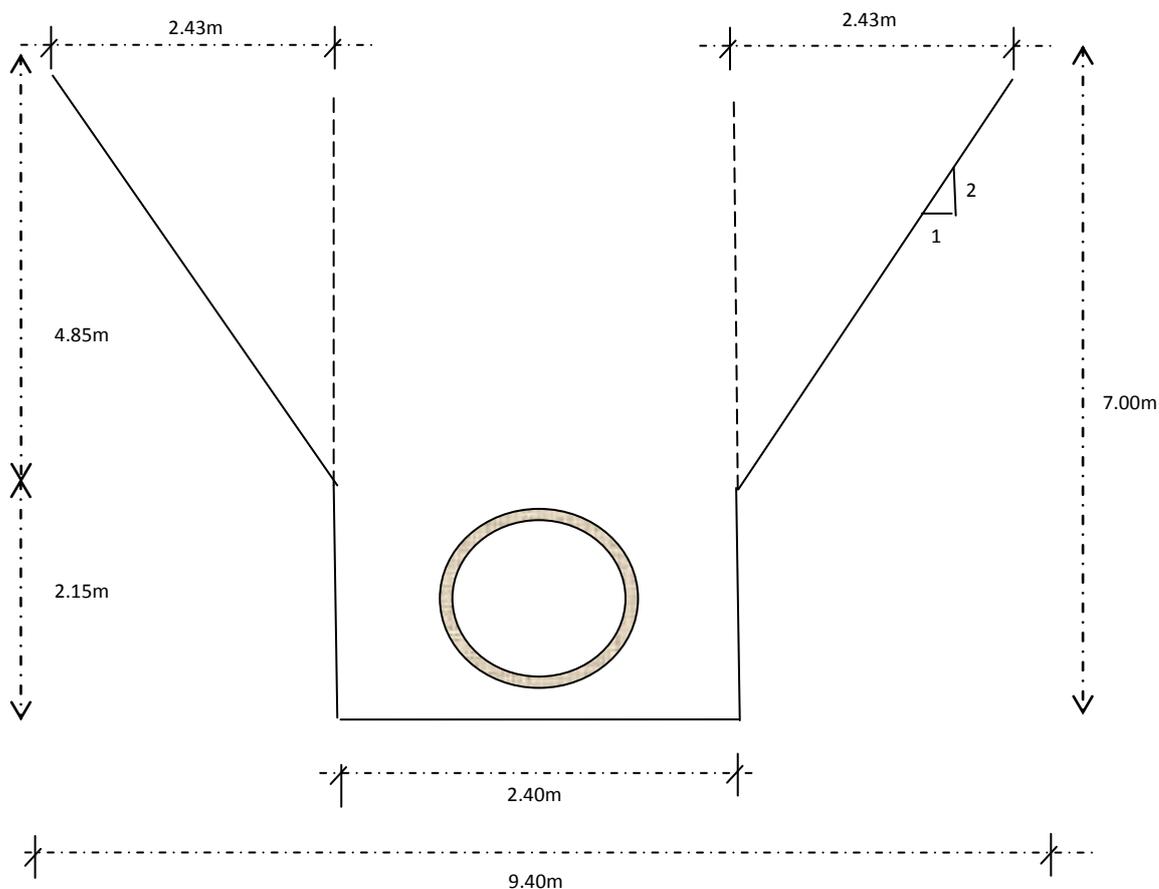


Figura 48 – Esquema da vala executada em obra

Considerando que estamos perante uma profundidade média de 7,00m chegamos ao volume aproximado de 28,51m³/m de vala escavado.

O equipamento utilizado para a escavação da vala é uma escavadora giratória. Este equipamento tem um custo unitário compreendido entre 85 a 90€/hora (inclui custo com amortização do equipamento, manobrador e combustível), ou seja aproximadamente **700€/dia**.

Para se obter o rendimento por este perfil, foi feita uma análise da produção conseguida em duas semanas de trabalho. Uma semana de trabalho com boas condições climáticas e uma semana com períodos intensos de chuva.

Assim, chegou-se a uma produção média de escavação de vala de 50.00m/dia o que representa o rendimento de escavação diário de aproximadamente 1.425,50m³/dia.

Na tabela que se segue foi introduzida toda esta informação e chegou-se ao preço unitário da escavação da vala real escavada:

Tabela 13 – Ficha de custos directos de produção – perfil da escavação real executada

FICHA DE CUSTOS DIRECTOS DE PRODUÇÃO			
OBRA			
Mão de Obra :	Custo por dia	Rendimento ou %	Custo por especialidade
Encarregado	160,00 €	100%	160,00 €
Servente	64,00 €	200%	128,00 €
Total do custo de m.d.o			288,00 €
Equipamento :	Custo por dia	Rendimento ou %	Custo por equipamento
Escavadora giratória com manobrador e gasóleo	700,00 €	100%	700,00 €
Total dos custos de equipamento			700,00 €
Preço unitário			0,69 €/m³
Rendimento	1.425,50 m ³ /dia		

Da ficha de custos apresentada chega-se ao preço unitário de **0,69€/m³** para a escavação executada.

Na tabela que se segue é apresentado o resumo dos volumes escavados pelo perfil-tipo de projeto e o volume real escavado.

Tabela 14 – volume de escavação por perfil

Perfil	Extensão da obra (m)	Rendimento (m ³ /m)	Total escavado por tipo de perfil (m ³)
Perfil-tipo de projeto	7.000,00	17,000	119.000,000
Perfil real executado	7.000,00	28.510	199.570,000

Daqui se pode concluir que **foram escavados, a mais, 80.570,00m³ comparativamente com o volume previsto no projeto**, o que representa uma percentagem de +68% em volume.

A faturação da totalidade da obra assumiria então os seguintes valores:

Tabela 15 – Faturação por perfil

Perfil	Total escavado por tipo de perfil (m ³)	P. unitário (€)	Faturação
Perfil-tipo de projeto	119.000,000	6,28€	747.320,00€
Perfil real executado	199.570,000	0,69€	137.703,30€

Da Tabela 15 verifica-se que, embora o volume de escavação previsto pelo perfil-tipo de projeto seja menor, é mais vantajoso escavar a vala pelo perfil adotado na obra, pois a produção diária alcançada é cinco vezes superior, ou seja, pelo perfil tipo da vala escava-se 10m/dia e pelo perfil adotado na obra escava-se, em média, 50m/dia.

É importante rever o perfil tipo patenteado no projeto para este tipo de obras. É correto interpretar a escavação de valas de forma diferenciada para cada tipo de obras. Deve ser previsto um perfil tipo de escavação de valas perfeitamente adaptado à natureza da obra que se pretende projetar.

8 - PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO DECRETO Nº 41 821 DE AGOSTO DE 1958

Relativamente à legislação aplicável a trabalhos de movimentação de terras em valas, Decreto nº 41 821 de Agosto de 1958 - Regulamento de Segurança no Trabalho da Construção Civil, considera-se necessário proceder à avaliação e adaptação da legislação às necessidades atuais.

O referido Decreto não se adequa às novas técnicas e materiais utilizados nas obras de escavação de valas.

Após a análise cuidada ao Decreto nº 41 821 de Agosto de 1958, propõem-se algumas atualizações e alterações aos artigos referentes aos trabalhos de escavações.

Seguidamente, apresenta-se sob a forma de texto em duas colunas, os excertos do texto do Decreto nº 41821 de Agosto de 1958 na coluna da esquerda e, o texto proposto na coluna da direita, seguido de figuras esquemáticas ilustrativas das situações assinaladas (apresentadas sobre a forma de anexo).

Decreto n.º 41 821

Regulamento de Segurança no Trabalho da Construção Civil

TÍTULO V

Escavações

CAPÍTULO I

Disposições comuns

Art. 66.º Os trabalhos de escavação serão conduzidos de forma a garantir as indispensáveis condições de segurança dos trabalhadores e do público e a evitar desmoronamentos.

§ único. Haverá um técnico, legalmente idóneo, responsável pela organização dos trabalhos e pelo estudo e exame periódico das entivações.

Art. 67.º É indispensável a entivação do solo nas frentes de escavação. Aquela será do tipo mais adequado à natureza e constituição do solo, profundidade da escavação, grau de humidade e sobrecargas acidentais, estáticas e dinâmicas, a suportar pelas superfícies dos terrenos adjacentes.

§ único. Exceptuam-se da obrigação prevista neste artigo as escavações de rochas e argilas duras.

Art. 68.º Quando sejam de recear desmoronamentos, derrubamentos ou escorregamentos, como no caso de taludes diferentes dos naturais, reforçar-se-á a entivação de modo a torná-la capaz de evitar esses perigos.

Decreto nº 41 821 (Proposta de alteração)

Regulamento de segurança no trabalho da Construção Civil

Título V Escavações

Capítulo I Disposições comuns

Art. 66º ...

...

Art. 67º ...

...

Art. 68º ...

Art.69º Desde que devidamente justificado, técnica e cientificamente, pode ser apresentada outra solução para a garantia da segurança nos trabalhos de escavação.

Capítulo II

Obras especiais

Secção I Abertura de valas

Art. 70º A escavação para a abertura de valas é feita de três formas para garantir a segurança:

- a) nos casos em que a escavação seja executada sem o recurso a entivações devem ser executados taludes com a inclinação do terreno natural (Desenho 5 do Anexo I).
- b) para profundidades até 3.70m usa-se o perfil-tipo do Desenho 6 (Anexo I);
- c) para profundidades superiores a 3.70m executa-se o misto de banquetas talude obedecendo o talude à inclinação do terreno natural (Desenho 7 do Anexo I);

Art. 71º Devem ser criadas condições que permitam o fácil acesso para o interior e para o exterior das valas.

Art. 72º Devem ser criadas condições que permitam a ventilação da zona dos trabalhos de acordo com a profundidade da vala e a largura.

CAPÍTULO II

Obras auxiliares, equipamento e sua utilização

SECÇÃO I

Entivações

Art. 69.º A entivação de uma frente de escavação, como das trincheiras, compreende, normalmente, elementos verticais ou horizontais de pranchões que suportem o impulso do terreno.

Estes impulsos podem ser transmitidos directamente pelos pranchões às escoras ou por intermédio de outros elementos que os liguem entre si por cruzamento.

§ único. Conforme a natureza do terreno e a profundidade de escavação, assim os elementos destinados a suportar directamente os impulsos serão mais ou menos afastados entre si, terão maior ou menor secção e poderão ser de madeira ou metálicos.

Os desenhos anexos indicam, para três hipóteses, os madeiramentos mais convenientes.

Art. 70.º Quando o terreno for escorregadio ou se apresentar sem grande coesão, devem usar-se cortinas de estacas-pranchas que assegurem a continuidade do suporte.

§ 1.º Havendo pressões hidrostáticas, a cortina garantirá uma vedação suficiente.

§ 2.º A espessura mínima das estacas-pranchas será de 0,05 m e 0,08 m, respectivamente, para profundidades de 1,20 m a 2,20 m e de 2,21 m a 5 m.

§ 3.º Para escavações com mais de 5 m de profundidade as estacas-pranchas terão de ser metálicas.

Art. 71.º As escoras (estroncas) devem manter os outros elementos de entivação na sua posição inicial e obedecer, para tanto, às seguintes condições:

a) Possuírem resistência suficiente, para o que serão calculadas como colunas, tendo em conta o efeito do varejamento;

Capítulo III

Obras auxiliares, equipamentos e sua utilização

Secção I

Entivações

Art. 73.º A entivação de uma frente de escavação compreende elementos metálicos verticais e horizontais ligados entre si através de outros elementos que suportam os impulsos do terreno. Os componentes da entivação são:

- Pannel de entivação;
- Calha para aplicação de extensores;
- Cogumelos;
- Cavilhas grandes;
- Porcas de cogumelo;
- Extensor;
- Extensão (Aumentos de largura);
- Cavilha pequena (extensão)
- Cavilha pequena para o exterior;
- Pannel de entivação

O Desenho 1 e 2 do anexo I, representam os componentes da entivação.

A unidade base da entivação (H1) pode ser aumentada com a instalação da unidade extensiva (H2) para aumentar a profundidade da vala entivada (Desenho 3 do Anexo I).

Art. 74.º A espessura dos painéis de entivações metálicas varia entre os 0.06m e 0.10m para profundidades até 7,00m. Para profundidades superiores a entivação deve ter, no mínimo, 0.15m de espessura.

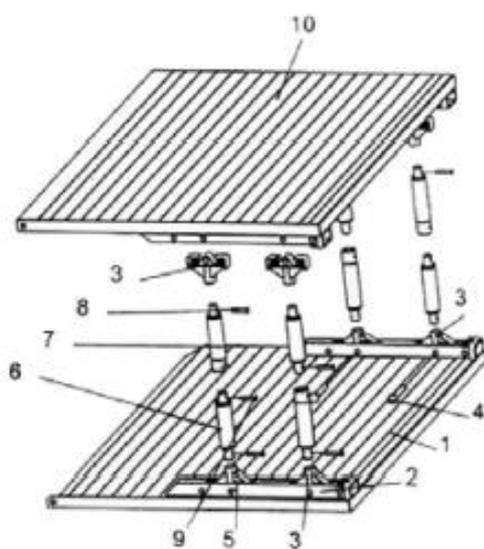
1) O uso de painéis de entivação em madeira e seus derivados podem assumir as mesmas espessuras ou outras desde que devidamente certificados.

Art. 75.º As escoras utilizadas na entivação (Desenho 4 do Anexo I) devem obedecer às seguintes condições:

- a) A secção e o afastamento dos elementos destinados a suportar directamente os impulsos são calculados em função da natureza do terreno, da profundidade da escavação e do nível freático de modo a oferecerem uma resistência adequada.
- b) Devem ser instaladas de acordo com a certificação do fabricante.

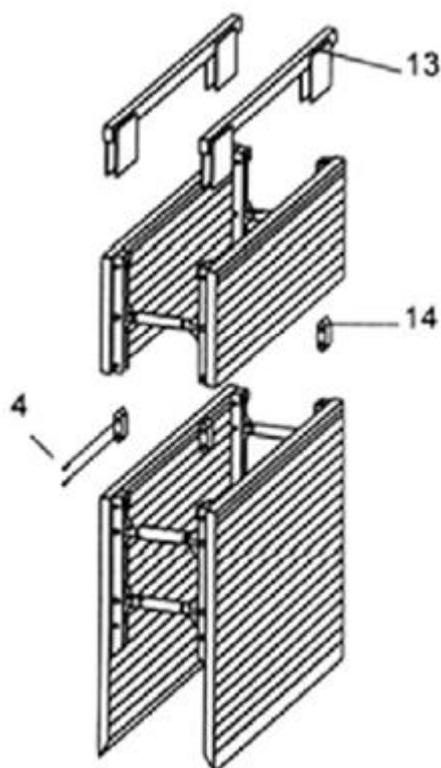
Anexo I

Desenhos técnicos



- 1 - Painel de entivação;
- 2 - Calha para aplicação de extensores;
- 3 - Cogumelos;
- 4 - Cavilhas grandes;
- 5 - Porcas de cogumelo;
- 6 - Extensor;
- 7 - Extensão (Aumentos de largura);
- 8 - Cavilha pequena (extensão)
- 9 - Cavilha pequena para o exterior;
- 10 - Painel de entivação

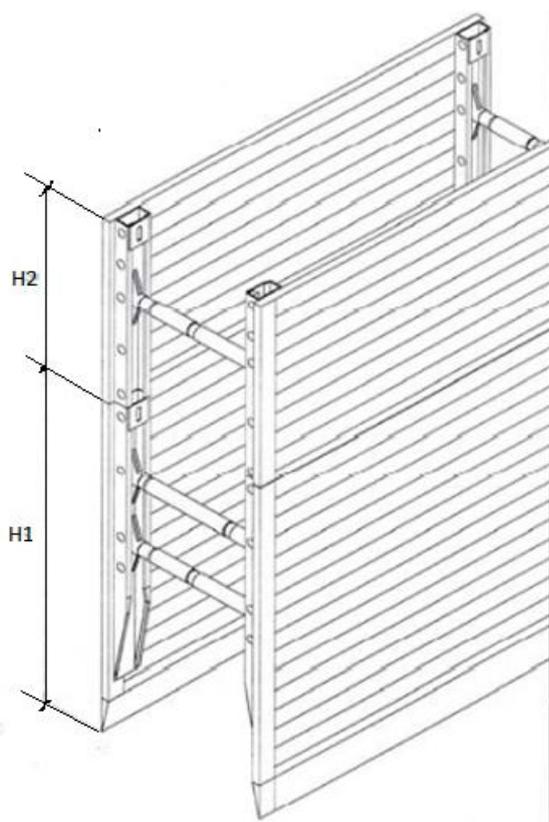
Desenho 1* - Componentes da entivação
www.concretex.pt



- 4 - Cavilhas grandes;
- 13 - Pratos protetores do painel;
- 14 - Kit de ligação (painel base/extensivo);

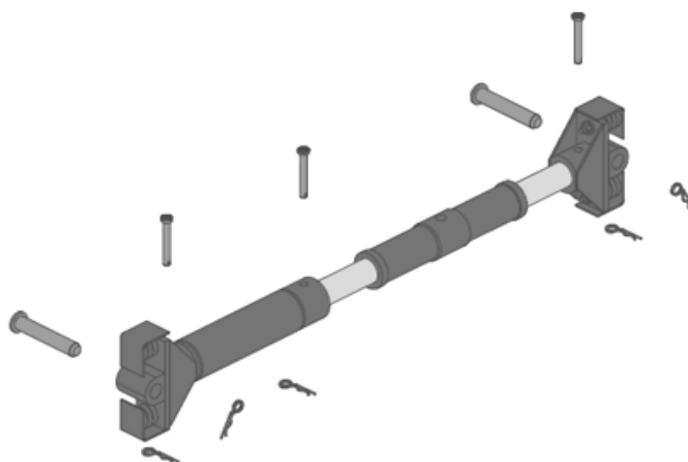
Desenho 2* - Componentes da entivação
www.concretex.pt

*representa apenas um exemplo da informação a apresentar na legislação. Foi escolhido este fabricante pois é o que apresenta mais pormenor.



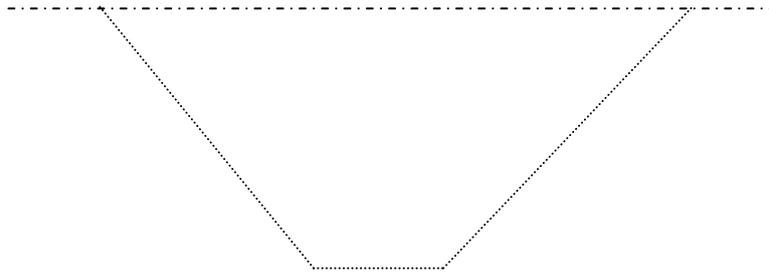
H1 - Unidade de base;
H2 - Unidade extensiva.

Desenho 3* - Componentes da entivação
www.concretex.pt

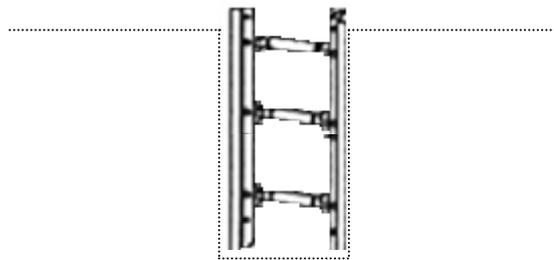


Desenho 4* - extensor/escora
www.concretex.pt

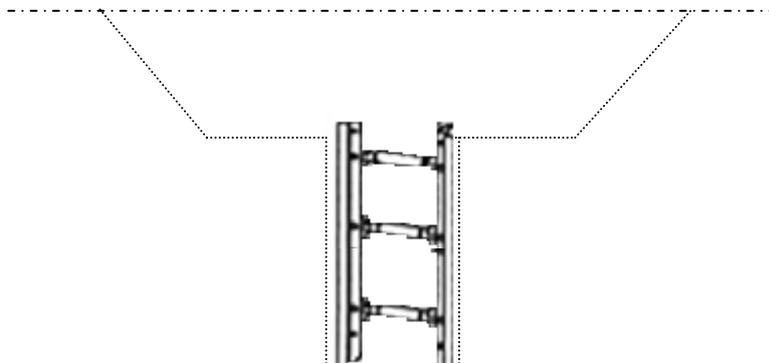
*representa apenas um exemplo da informação a apresentar na legislação. Foi escolhido este fabricante pois é o que apresenta mais pormenor.



Desenho 5 - perfil-tipo da vala com taludes idênticos à inclinação natural do terreno



Desenho 6 - perfil-tipo da vala para profundidade até 3.70m



Desenho 7 - perfil-tipo da vala para profundidade superior a 3.70m

9 - CONCLUSÕES FINAIS

Da elaboração deste trabalho, são retiradas várias conclusões sobre a escavação de valas. Em primeiro lugar é fundamental referir a importância da fase de projeto. O projeto deve refletir todos os trabalhos a executar na obra para levar ao cumprimento de prazos. O projeto deve prever a escavação de valas numa abordagem mais aprofundada e mais adequada a cada tipo de obras. Deve também apresentar uma maior pormenorização e adaptação ao trabalho que é executado em obra bem como deve prever um perfil-tipo exequível em obra, prático e claro, que preveja quantidades reais.

Em obras de escavação de valas deve escolher-se o equipamento adequado à escavação para cada tipo de solos. Desta forma é possível atingir-se o máximo rendimento com a devida qualidade e segurança na execução dos trabalhos.

Conclui-se também que esta atividade deve apoiar-se na sistematização dos processos nela envolvidos de forma a evitar derrapagens orçamentais.

No campo económico, a análise feita no estudo de caso apresentado, para determinadas características da obra e da capacidade financeira da empresa, conclui-se que abdicando do perfil tipo preconizado no projeto com taludes na vertical e escavando as valas com taludes cuja inclinação é igual ao ângulo atrito interno é possível aumentar a produção da obra, baixando consideravelmente os custos.

Neste trabalho, propõe-se a atualização da legislação vigente, nomeadamente o Decreto 41 821 de Agosto de 1958, por não se adequar aos novos materiais e técnicas atualmente usadas.

10 - BIBLIOGRAFIA

CARDOSO F. F. (2002) *Serviços de Escavação: Equipamentos e aspetos executivos*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAfUx0AE/servicos-escavacao> (Consultado a 17 de Julho de 2013).

CAVALGANTE E. (2006) *Mecânica dos Solos II* – Notas de aula. Universidade Federal de Sergipe, Aracaju; <http://www.engenhariaconcursos.com.br/arquivos/MecDosSolos/mecdosolosII.pdf> (Consultado a 17 de Março de 2013).

CATARI (2010) General Catalogue, <http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDsQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.catari.net%2Fen%2Fpdf%2Fcatari-general-catalog-en.pdf&ei=dcouU7GIO8-GhQfGoICgAQ&usq=AFQjCNF31HEq3ZtQqDRoO8NxCAc7g87drg> (Consultado a 19 de Julho de 2013).

ESCAVAÇÃO (s.d.) Repositório da Universidade do Minho. http://lftc.civil.uminho.pt/Textos_files/construcoes/cp1/Cap.%20III%20-%20Escava%C3%A7%C3%A3o.pdf (Consultado a 17 de Março de 2013).

GRECO J. A. S. (s.d.) Construção de Estradas e Vias Urbana. Notas de Aula. <http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/notas%20aula%20Terraplenagem.pdf> (Consultado a 17 de Julho de 2013).

MANUAL DE SEGURANÇA (s.d.) Repositório do IPL. <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/396/4/ManualSeguran%C3%A7a.pdf> (Consultado a 24 de Abril de 2013).

MINEIRO, A. C. (1981) *Mecânica dos Solos e Fundações*. Apontamentos da disciplina de Mecânica dos Solos e Fundações. FCT/UNL. Lisboa.

MIRANDA, RITA (s. d.) *Drenagem de Escavações*. Apresentação de apoio a aula da uc Tecnologia da Construção de Edifícios do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto

Superior Técnico. <http://pt.scribd.com/doc/101976643/13-Drenagem-de-escavacoes-17a-aula-teorica-COR> (Consultado a 3 de Outubro de 2013).

NEL, D.T. e HAARHOFF J. (2011) *The failure probability of welded steel pipelines in dolomitic areas*. Journal of the South African Institution of Civil Engineering, Vol. 53 (1), pp. 9-21. http://www.saice.org.za/downloads/journal/vol53-1-2011/vol53_n1_b.pdf (Consultado a 10 de Dezembro de 2013).

PAIXÃO M. A. (1999) *Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais*- 2ª Edição - Edições Orion.

PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA (s.d.) Apresentação de apoio a aula da uc Geologia de Engenharia de Engenharia Civil – Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja. <http://pt.scribd.com/doc/200871181/Microsoft-PowerPoint-Prospeccaogeotecnica> (Consultado a 10 de Fevereiro de 2013).

RICARDO H. e CATALANI G. (2007) *Manual Prático de Escavação - Terraplenagem e Escavação de Rocha*. 3ª Edição. São Paulo - Edições PINI.

ROCHA J. e GASPAR R. (2010) - *Equipamentos de Proteção Coletiva*. Trabalho realizado no âmbito da uc Higiene e Segurança no trabalho, ISEP. <http://pt.scribd.com/doc/46875718/Equipamentos-de-protecao-colectiva-ISEP> (Consultado a 17 de Outubro de 2013).

SANTANA, T. e RODRIGUES, P. (1995) - *Mecânica dos solos - Ensaios de caracterização Laboratorial de solos com vista à sua utilização em arquitectura de terras crua*. Departamento de Engenharia Civil, FCT/UNL, Lisboa. <http://run.unl.pt/bitstream/10362/11470/1/CI7%20-%20solos%20IV%20SIACOT%20Out05.pdf> (Consultado a 21 de Fevereiro de 2013).

SANTOS N.S.A. (2011) *Controlo de qualidade em laboratório de ensaios*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.

SOWERS G.F. (1963) *Engineering Properties of Residual Soils Derived from Igneous and Metamorphic Rocks*. Proceedings of the 2nd Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol 1, pp. 39-62.

VARGAS M. (1978) *Introdução à Mecânica dos Solos*. McGRAW-HILL do Brasil. São Paulo. Vol.1.

VERMEER (2007) *Tecnologia Avançada para Abertura de Valas - Valadoras*, Flyer de promoção do produto.

http://www.vermeer.pt/xms/files/PRODUTOS/ESCAVACAO_ESPECIALIZADA/ABERTURA_DE_VALA/Vermeer_Abertura_de_Valas.pdf (Consultado a 30 de Julho de 2013).

Legislação Consultada

Decreto-Lei 41821 de Agosto de 1958 - Regulamento de Segurança no Trabalho da Construção Civil;

Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de águas Residuais;

ISO 7135:2009 Earth-moving machinery - Hydraulic excavators - Terminology and commercial specifications. 2009.

Sites Consultados

www.aecops.pt – Site da Associação de Empresas de Construção Civil e Obras Públicas – Sul e Ilhas;

www.aiccopn.pt – Site da Associação de Industriais de Construção Civil e Obras Públicas do Norte;

www.aneop.pt – Site da Associação Nacional de Empreiteiros de Obras Públicas;

www.econstroi.com – Site pioneiro de e-business na área da Construção;

www.inci.pt – Site do Instituto da Construção e do Imobiliário;

<http://www.segurancaonline.com/gca/?id=856>;

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABAkQAD/treinamento-sobre-processos-seguros-escavacao-valas?part=2>.

ANEXOS

ANEXO I - Definições/Conceitos

ANEXO II - Decreto nº 41 821 de Agosto de 1958
(excerto da parte que diz respeito à escavação)

ANEXO III - Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de
Agosto
(excerto da parte que diz respeito à largura de valas)

ANEXO IV - Orçamento de entivações

ANEXO V - Flyer de Entivações

