



Universidade de Aveiro

Departamento de Engenharia Civil

2012

**Luís Henrique
da Costa Ferreira**

Execução de Estacas – Caso Prático



**Luís Henrique
da Costa Ferreira**

Execução de Estacas – Caso Prático

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação Científica do Professor Doutor José Claudino de Pinho Cardoso, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutor Aníbal Guimarães da Costa
Professor Catedrático, Universidade de Aveiro

vogal - arguente principal

Eng.º Tiago Luiz Afonso
Director de Unidades, Vhm – Coordenação de Gestão
de Projectos

vogal- orientador

Prof. Doutor José Claudino de Pinho Cardoso
Professor Associado do Departamento de Engenharia
Civil da Universidade de Aveiro

vogal- co-orientador

Prof.ª Doutora Ana Paula Gerardo Machado
Professora Adjunta, Escola Superior de Tecnologia de
Tomar - Instituto Politécnico de Tomar

agradecimentos

Ao Professor Doutor José Claudino de Pinho Cardoso pelo incentivo e pelo alerta para questões relacionadas com o acompanhamento da obra.

À Professora Doutora Ana Paula Gerardo Machado pela disponibilidade, pelo incentivo, pelas sugestões e pelo espírito crítico demonstrado durante a elaboração da dissertação.

Ao Engenheiro Tiago Luiz Afonso e à Engenheira Catarina Antunes, da Vhm Coordenação e Gestão de Projectos, SA, pela disponibilidade e apoio prestado.

Ao Engenheiro Fernando Manuel Lino Gonçalves Antunes do Instituto Politécnico de Tomar, meu professor durante o bacharelato e licenciatura, pelo apoio, sugestões e esclarecimentos prestados na determinação da capacidade de carga de uma estaca.

À minha família pela paciência, estímulo, incentivo e apoio em mais uma etapa da minha vida.

palavras chave

Estacas, higiene e segurança no trabalho, aproveitamento de energia geotérmica de baixa entalpia.

resumo

O presente trabalho resulta do acompanhamento efectuado durante a execução das fundações indirectas da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, por meio de estacas executadas com trado contínuo.

São também analisadas questões relacionadas com o cálculo da capacidade de carga de uma estaca, higiene e segurança no trabalho e o aproveitamento da energia geotérmica na climatização da Escola.

keywords

Piles, hygiene and safety at work, utilization of low-enthalpy geothermal energy.

abstract

The present work is the result of the monitoring undertaken during the execution of indirect foundations of the School of Health at the University of Aveiro, through piles with continuous boring tool.

Issues related to piles calculation, health and safety at work and the use of geothermal energy in the ear conditioning of the school are also discussed.

Índice

Índice	i
Índice de tabelas	iii
Índice de figuras	v
Simbologia.....	vii
1. Introdução.....	1
1.1. Objectivos	1
1.2. Organização da dissertação.....	2
2. Execução de estacas – caso prático: estado da arte	3
2.1. Introdução	3
2.2. Classificação de estacas	4
2.3. Comportamento e modo de funcionamento.....	4
2.4. Estacas de madeira.....	5
2.5. Estacas metálicas/estacas prancha	6
2.6. Micro-estacas	6
2.7. Estacas em betão	7
2.7.1. Estacas cravadas pré-fabricadas	7
2.7.2. Estacas moldadas “ <i>in-situ</i> ”	8
2.7.2.1. Com tubo moldador recuperável (TMR) com extracção de terreno	9
2.7.2.2. Com tubo moldador perdido (TMP) com extracção de terreno	11
2.7.2.3. Com tubo moldador recuperável (TMR) sem extracção de terreno...	13
2.7.2.4. Com tubo moldador perdido (TMP) sem extracção de terreno.....	14
2.7.2.5. Com fluidos de contenção (lamas bentoníticas ou polímeros).....	14
2.7.2.6. Moldada sem sustimento provisório (com trado contínuo).....	15
2.8. Saneamento de estacas	17
2.9. Ensaios para a determinação da integridade das estacas	17
2.10. Ensaios para a determinação da capacidade de carga das estacas	18
2.11. A segurança antes, durante e após a fase de execução das estacas.....	18
2.11.1. O Plano de Monitorização e Prevenção.....	18
2.11.2. Registo de Monitorização e Prevenção	18
2.11.3. Fase de execução	19
3. Execução de estacas – Caso Prático	21
3.1. Caracterização da empreitada da Escola Superior de Saúde de Aveiro.....	21
3.2. Características do solo de fundação.....	21
3.3. Dimensionamento de estacas	24
3.3.1. Método de Bustamante e Gianeselli [8].	25
3.3.2. Método de Decourt e Quaresma [8].	29
3.3.3. Método Aoki e Velloso [8].....	32
3.3.4. Notas conclusivas.	34
3.4. Descrição do processo de execução das estacas	37
3.5. Análise do processo construtivo	45
3.6. Controlo de qualidade das estacas	46
3.6.1. Realização de ensaios sónicos de avaliação da integridade.....	46
3.6.1.1. Integridade das estacas no Lote 5 – Bloco dos Alunos	51
3.6.1.2. Integridade das estacas no Lote 7 – Bloco dos Docentes.....	52
4. Segurança, higiene e saúde no trabalho.....	53
4.1. Organização do estaleiro.....	53

4.2.	Plano de inspecção e prevenção.....	55
4.3.	Trabalhos e materiais com riscos especiais	55
4.4.	Plano de registo de acidentes e índices de sinistralidade.....	62
4.5.	Estatísticas de acidentes de trabalho apurados pelo GEP (2000 – 2008)	63
4.5.1.	Localização geográfica (distrito e estrangeiro)	64
4.5.2.	Caracterização por actividade económica	66
4.5.3.	Variável local de trabalho.....	68
4.5.4.	Variável actividade física específica	70
4.5.5.	Variável desvio	71
4.5.6.	Variável contacto – modalidade de lesão	72
4.5.7.	Variável natureza de lesão.....	73
4.5.8.	Variável zona do corpo atingida.....	75
4.5.9.	Notas conclusivas	77
5.	A energia geotérmica na climatização da Escola Superior de Saúde de Aveiro	79
5.1.	Geotermia.....	79
5.2.	Energia geotérmica	79
5.2.1.	Resumo histórico	80
5.2.2.	Aproveitamento da energia geotérmica.....	81
5.2.3.	Capacidade nacional instalada de energia geotérmica	83
5.3.	Recursos geotérmicos	84
5.3.1.	Recursos de muito baixa temperatura (menos de 30°C).....	85
5.3.1.1.	Captação horizontal com colectores enterrados	85
5.3.1.2.	Captação vertical com recurso a sondas geotérmicas	86
5.3.1.3.	Captação em lençol freático	86
5.3.1.3.1.	Captação com recurso a estruturas termo - activas	87
5.3.1.4.	O exemplo da Escola Superior de Saúde de Aveiro.....	89
6.	Conclusões.....	93
7.	Referências bibliográficas	95
8.	Anexos.....	97

Índice de tabelas

Tabela 1.	Classificação de fundações de acordo com a profundidade	1
Tabela 2.	Classificação das estacas	4
Tabela 3.	Parâmetros geotécnicos	24
Tabela 4.	Valores do factor de capacidade de carga, para o ensaio de penetração estática (q_c).....	26
Tabela 5.	Valores de α_1 para cálculo do atrito limite.....	28
Tabela 6.	Determinação da resistência lateral R_s	29
Tabela 7.	Valores de C_1 em função do tipo de estaca e do tipo de solo	31
Tabela 8.	Valores de C_3 em função do tipo de estaca e do tipo de solo	31
Tabela 9.	Valores atribuídos ao coeficiente C_2	31
Tabela 10.	Determinação da resistência lateral R_s	32
Tabela 11.	Valores propostos para F1 e F2	33
Tabela 12.	Valores atribuídos aos coeficientes K e α	33
Tabela 13.	Determinação da resistência lateral R_s	34
Tabela 14.	Valores da resistência de ponta R_b , capacidade resistente lateral R_s e da capacidade resistente última R, tendo por base resultados de ensaios SPT	34
Tabela 15.	Lista de materiais com riscos especiais	56
Tabela 16.	Lista de trabalhos com riscos especiais	57
Tabela 17.	Acidentes de trabalho por distrito (mortais e não mortais)	65
Tabela 18.	Acidentes de trabalho por distrito (mortais).....	66
Tabela 19.	Acidentes de trabalho por actividade económica (mortais e não mortais).....	67
Tabela 20.	Acidentes de trabalho por actividade económica (mortais).....	67
Tabela 21.	Acidentes de trabalho por tipo de local (mortais e não mortais)	68
Tabela 22.	Acidentes de trabalho por tipo de local (mortais).....	69
Tabela 23.	Acidentes de trabalho por actividade específica (mortais e não mortais)	70
Tabela 24.	Acidentes de trabalho por actividade específica (mortais).....	70
Tabela 25.	Acidentes de trabalho por desvio (mortais e não mortais)	71
Tabela 26.	Acidentes de trabalho por desvio (mortais).....	72
Tabela 27.	Acidentes de trabalho por contacto (mortais e não mortais)	73
Tabela 28.	Acidentes de trabalho por contacto (mortais).....	73
Tabela 29.	Acidentes de trabalho por lesão (mortais e não mortais).....	74
Tabela 30.	Acidentes de trabalho por lesão (mortais)	74
Tabela 31.	Acidentes de trabalho parte do corpo atingida (mortais e não mortais) ...	75
Tabela 32.	Acidentes de trabalho por parte do corpo atingida (mortais)	76
Tabela 33.	Variação das principais características dos solos mais comuns	89

Índice de figuras

Figura 1.	Perfuradora de fabrico nacional SMA 630.....	22
Figura 2.	Cálculo da resistência equivalente	27
Figura 3.	Visualização gráfica dos valores da capacidade resistente por ponta R_b	35
Figura 4.	Visualização gráfica dos valores da capacidade resistente lateral R_s	35
Figura 5.	Visualização gráfica dos valores da capacidade resistente última R	36
Figura 6.	Visualização gráfica dos valores da capacidade resistente última R e respectiva média	36
Figura 7.	Equipamento de furação Modelo HC 60.....	37
Figura 8.	Broca de furação (\varnothing 600 mm).....	38
Figura 9.	Implantação das estacas com recurso a serviços de topografia.....	38
Figura 10.	Localização da estaca	38
Figura 11.	Pormenor da tampa de obturação localizada na broca	39
Figura 12.	Início da furação do terreno.....	39
Figura 13.	Equipamentos de fornecimento e de bombagem do betão	40
Figura 14.	Pormenor do ponto de entrada do betão no topo do trado.....	40
Figura 15.	Remoção do trado	40
Figura 16.	Remoção de detritos na cabeça da estaca	41
Figura 17.	Introdução do vibro-punçor na cabeça da estaca.....	41
Figura 18.	Armadura com os espaçadores	41
Figura 19.	Outra perspectiva do vibro-punçor	42
Figura 20.	Elevação da armadura recorrendo ao equipamento de furação	42
Figura 21.	Verticalização e introdução da armadura no interior da estaca	43
Figura 22.	Introdução da armadura na estaca	43
Figura 23.	Estacas saneadas	43
Figura 24.	Ferramenta manual de recolha de betão	44
Figura 25.	Remoção de betão em excesso	44
Figura 26.	Recolha para aproveitamento em betão de limpeza	45
Figura 27.	Aplicação de pancada com martelo na cabeça da estaca.....	47
Figura 28.	Esquema do ensaio sónico	48
Figura 29.	Registo ensaio sónico com 3 marteladas	49
Figura 30.	Sinalização de segurança	53
Figura 31.	Complemento da sinalização de segurança	54
Figura 32.	Controlo das entradas e saídas no estaleiro	54
Figura 33.	Delimitação de zonas de circulação pedonal.....	54
Figura 34.	Delimitação de zonas intervencionadas.....	55
Figura 35.	Trabalhadores com equipamentos de protecção individual (EPI).....	59
Figura 36.	Sinalização de segurança	59
Figura 37.	Pormenor do aviso em castelhano	60
Figura 38.	Rotação do equipamento	60
Figura 39.	Remoção das terras do trado.....	60
Figura 40.	Local de montagem e armazenamento das armaduras das estacas.....	61
Figura 41.	Dermatoses	62
Figura 42.	Painel de contraplacado marítimo na cabeça da estaca	62
Figura 43.	Acidentes de trabalho mortais por actividade económica (2000 - 2008) .	77
Figura 44.	Acidentes de trabalho mortais por localização geográfica (2000 - 2008)	78
Figura 45.	Recursos geotérmicos mundiais	82
Figura 46.	Produtores energia eléctrica geotérmica (potência instalada em 2000) ...	82

Figura 47.	Produtores de calor geotérmico (potência instalada em 2000).....	83
Figura 48.	Captação horizontal e vertical	86
Figura 49.	Captação em lençol freático	87
Figura 50.	Sistema de estacas captadoras de energia geotérmica.....	88
Figura 51.	Tubos captadores de calor geotérmico numa estaca de betão armado	88
Figura 52.	Áreas com potencialidade geotérmica em Portugal Continental.....	90
Figura 53.	Armaduras dotadas de tubo PE-Xa.....	91
Figura 54.	Ponto de chegada da tubagem	91
Figura 55.	Captação a 150 m de profundidade	91

Simbologia

A_b – área da base da estaca

A_s^i - área lateral da estaca no extracto i

B - largura ou diâmetro

C – velocidade de propagação da onda

C_1 – coeficiente dependente do tipo de estaca

C_2 – coeficiente que relaciona a resistência de ponta com o valor de N_{SPT}^L

C_3 – coeficiente dependente do tipo de estaca

CPT - Cone Penetration Test

D – profundidade

E – módulo de elasticidade do betão

F_1 – coeficiente de correcção das resistências de ponta e lateral

F_2 – coeficiente de correcção das resistências de ponta e lateral

k_c – factor de suporte penetrométrico

L – comprimento da estaca

N_{SPT} - número de pancadas efectuadas para a cravação de 15+15+15cm no solo

N_{SPT}^L - N_{SPT} próximo da ponta da estaca

N_{SPT}^m - N_{SPT} médio para cada ΔL

q_c - factor de capacidade de carga para o ensaio de penetração estática

q_e - resistência de ponta unitária equivalente, ao nível da base da estaca

q_s^i - resistência lateral unitária na camada i

P – perímetro estaca

PMT - Ensaio pressiométrico Ménard

R – capacidade resistente última da estaca

R_b – resistência de ponta

R_c – capacidade resistente da estaca

R_s – atrito lateral

SPT – Standard Penetration Test

T - tempo

α_i – parâmetro dependente da natureza do terreno e do modo de execução da estaca

D_L - espessura da camada de solo (m)

\varnothing - diâmetro

ρ - massa volúmica do betão.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de estacas para fundar obras é uma técnica já utilizada há milhares de anos. Há 12.000 anos, no período do Neolítico, os habitantes da Suíça já usavam estacas de madeira para fundar as suas habitações nos leitos macios de lagos pouco profundos (Sowers 1979) [1]. A Baixa Pombalina em Lisboa, após o sismo de 1755, foi reconstruída recorrendo-se a fundações em estacaria de madeira.

Hoje, como no passado, as fundações com recurso a estacas servem o mesmo objectivo, possibilitar a construção em áreas onde as características resistentes dos solos não permitem a utilização de fundações superficiais ou directas.

Não há uma separação rigorosa entre as fundações ditas superficiais e as fundações profundas, embora se encontre, frequentemente, na literatura da especialidade, o seguinte tipo de distinção [2]:

Tabela 1. Classificação de fundações de acordo com a profundidade

Tipo de fundações	Relação D/B
Fundações superficiais (sapatas contínuas, isoladas ou ensoleiramentos)	$D/B < 4$
Fundações semi-profundas (pegões)	$4 \leq D/B < 10$
Fundações profundas	$D/B \geq 10$

Onde: D = profundidade e B = largura ou diâmetro

O processo de execução de estacas recorre a equipamentos cada vez mais sofisticados e potentes, permitindo resolver os mais variados problemas de engenharia civil, possibilitando a construção de estruturas, mais ou menos complexas, nos mais variados tipos de solos [3].

1.1. Objectivos

A presente dissertação, Execução de estacas – Caso prático, tem os seguintes objectivos:

- Descrição do cálculo da capacidade de carga de uma estaca recorrendo a métodos empíricos com base no ensaio SPT;

- Descrição do acompanhamento da execução das estacas da empreitada da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, registando as fases do processo construtivo;
- Descrição do ensaio de verificação da integridade das estacas executadas na empreitada e resultados obtidos;
- Descrição dos aspectos relacionados com a segurança, higiene e saúde no trabalho, no âmbito do tema da dissertação;
- Referência a estatísticas de acidentes de trabalho no período compreendido entre o ano de 2000 e 2008;
- Descrição do aproveitamento, no âmbito da energia geotérmica, do recurso de muito baixa entalpia para climatização da Escola Superior de Saúde.

1.2. Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, os quais são descritos resumidamente nos pontos seguintes:

- Capítulo 1 – Introdução – apresentam os objectivos da dissertação;
- Capítulo 2 – Estado da arte;
- Capítulo 3 – Execução de estacas – Caso prático – cálculo da capacidade de carga de uma estaca recorrendo a métodos empíricos com base no ensaio SPT, descrição do processo de execução das estacas utilizado na empreitada da Escola Superior de Saúde de Aveiro e controlo de qualidade das estacas;
- Capítulo 4 – Segurança, higiene e saúde no trabalho – apresentam-se aspectos relacionados com a temática em causa, no âmbito da execução da empreitada, designadamente na actividade execução de estacas com recurso a trado contínuo e estatísticas referentes a acidentes de trabalho no período compreendido entre 2000 e 2008;
- Capítulo 5 – A energia geotérmica na climatização da escola de saúde – descrição do aproveitamento, no âmbito da energia geotérmica, do recurso de muito baixa entalpia na climatização da Escola Superior de Saúde de Aveiro;
- Capítulo 6 – Conclusões – conclusões finais e sugestões para trabalhos futuros.

2. EXECUÇÃO DE ESTACAS – CASO PRÁTICO: ESTADO DA ARTE

2.1. Introdução

As estacas fazem parte do conjunto de fundações em que podem assentar as estruturas, denominando-se de profundas porque recorrem a camadas do terreno não superficiais.

Peças esbeltas transferem as cargas às camadas mais profundas do solo (parte por atrito lateral, que se desenvolve ao longo da estaca com o solo, e outra pela resistência de ponta, através da extremidade da peça). Podem ser usadas individualmente (estaca-pilar), ou em conjunto, quando estão ligadas às sapatas (maciço de encabeçamento) de uma estrutura.

As estacas têm sido usadas ao longo do tempo de diversas formas e com vários tipos de utilização na construção civil, como suporte de estruturas, mais ou menos pesadas, em solos que não garantem a estabilidade necessária para a construção de fundações directas estáveis. Sendo as construções mais robustas e imponentes, surgiu a necessidade de se utilizar processos tecnologicamente mais avançados na execução de estacas, utilizando materiais mais duradouros e resistentes, para, de igual forma, se garantir uma maior durabilidade das estruturas e assegurar, igualmente, uma maior resistência, tendo, ainda, em atenção a actividade sísmica.

Hoje utilizam-se estacas moldadas “*in-situ*” em betão armado, estacas metálicas, estacas cravadas em betão armado (pré-fabricadas), estacas de brita e micro-estacas, bem como a utilização de estacas na execução de contenções periféricas de terrenos, podendo ser secantes, tangentes ou afastadas entre si [3].

Como foi referido no *Capítulo 1 – Introdução*, dar-se-á neste capítulo, maior relevo às estacas em betão armado pré-fabricadas cravadas no solo e às estacas em betão armado executadas *in-situ*.

2.2. Classificação de estacas

As estacas podem ser classificadas considerando: o comportamento e o modo de funcionamento; o efeito no solo envolvente, processo de execução e o material de que são constituídas, conforme o disposto na tabela seguinte.

Tabela 2. Classificação das estacas

Efeito no solo envolvente	Processo de execução	Material usado
Grande deslocamento (sem extracção de solo)	Pré-fabricada e cravada	Peça sólida: <ul style="list-style-type: none"> • Madeira • Betão armado
		Peça tubular obturada na ponta: <ul style="list-style-type: none"> • Tubos metálicos • Tubos em betão
	Moldada “ <i>in-situ</i> ”	<ul style="list-style-type: none"> • Betão <ul style="list-style-type: none"> ○ Tubo moldador recuperável (TMR) obturado na ponta ○ Tubo moldador perdido (TMP) obturado na ponta
Pequeno deslocamento (sem extracção do solo)	Pré-fabricada e cravada	Perfis metálicos: <ul style="list-style-type: none"> • Secções H, I; • Tubos metálicos abertos na ponta
		Estacas helicoidais com elementos metálicos
Sem deslocamento (com extracção de solo)	Moldada “ <i>in-situ</i> ” com sustimento provisório	Betão com tubo moldador perdido (TMP) não obturado na ponta
		Betão com: <ul style="list-style-type: none"> • Molde recuperável (TMR) não obturado na ponta • Lamas bentoníticas ou polímeros
	Moldada “ <i>in-situ</i> ” sem sustimento provisório	Betão (trado contínuo)

2.3. Comportamento e modo de funcionamento

Quanto ao modo de funcionamento das estacas pode distinguir-se:

- Fundação rígida, que pode ser de primeira ou segunda ordem;
- Fundação flutuante.

Nas fundações rígidas de primeira ordem, a ponta das estacas penetra numa camada de terreno firme, abaixo da qual não existem mais estratos de terreno brando, ao contrário do que se passa ao longo do fuste. Assim sendo, as forças de sustentação actuam principalmente na ponta da estaca, sendo normalmente desprezado, para efeitos de dimensionamento, o atrito lateral. Este tipo de funcionamento é designado de ponta [5].

Se abaixo da camada de solo firme existir uma camada de solo brando e a maior profundidade registrar-se um outra camada de solo firme de grande espessura, a fundação deve ser introduzida até esta última camada de terreno, de modo a evitar assentamentos que podem ser importantes e que podem colocar a estrutura em risco. São as chamadas fundações rígidas de segunda ordem e têm um funcionamento misto do ponto de vista da sustentação, pois tanto a resistência de ponta como o atrito lateral têm um peso significativo. Este tipo de funcionamento é designado por de ponta e atrito lateral ou misto.

Quando a camada de solo firme está a uma profundidade muito grande, tornando-se economicamente inviável atingi-la, as estacas têm de ficar totalmente submersas em solo brando, sendo toda a carga transmitida pelo atrito lateral da estaca para o solo. Surgem, nestes casos, assentamentos que não são desprezáveis e o único modo de os minorar é introduzir as estacas o mais profundamente possível no terreno. No entanto, este tipo de solução é de evitar, sendo preferível procurar outras soluções para este tipo de obra. São as chamadas estacas flutuantes [5].

2.4. Estacas de madeira

As estacas de madeira empregam-se em terrenos permanentemente secos ou húmidos, uma vez que a madeira não suporta as alternâncias de humidade, provocando a sua deterioração ao longo do tempo. A técnica consiste na introdução, a partir da superfície do terreno, de elementos de madeira através de um impulso de força de um peso actuando na cabeça da estaca, que pode ser estático ou, mais frequentemente, dinâmico. O material usado neste processo de construção é a madeira dura, roliça, porém descascada. O diâmetro varia entre os 18 e os 35 cm e o comprimento entre 5 e 8 metros [3].

2.5. Estacas metálicas/estacas prancha

As estacas cravadas podem ser de aço, comportando uma gama muito variada de perfis metálico (perfis I e H, tubulares, helicoidais, perfis compósitos) e como é óbvio, para ter bom aproveitamento da alta resistência do aço, exibem sempre elevada esbeltez [4].

Podem ser cravadas com grande eficiência e deslocamento mínimo de solo (o que não acontece com as estacas maciças), devido à pequena área da secção transversal. São ideais para fundação de estruturas com grande concentração de cargas (edifícios de grande altura, grandes equipamentos, estruturas portuárias, etc.). Este tipo de estacas é recomendável quando é particularmente útil, ou imperativo, reduzir ao mínimo os movimentos e perturbações do terreno, evitando assim o levantamento ou deslocamento horizontal de estacas ou estruturas adjacentes.

As estacas pranchas têm grande aplicação em obras temporárias, como entivação de valas e galerias, ou obras definitivas, como contenções de taludes e canais a céu aberto, construção de ensecadeiras de sapatas, funcionando como elementos provisórios.

As estacas prancha são perfis metálicos que permitem o auto-acoplamento de várias peças através de ranhuras próprias tipo “macho-fêmea”, e apresentam maior rigidez e desempenho na cravação dado apresentarem saliências enrijecidas. Conforme as necessidades e tipo de obra, existe uma gama diversa de perfis metálicos (tipo AU/PU, AZ, HZ/AZ e AS). Têm a vantagem de poderem ser aplicadas várias vezes, emendadas ou cortadas facilmente e suportam elevados esforços de cravação sem danos, no entanto estão sujeitas a corrosão em estruturas marítimas e as mais longas e esbeltas estão sujeitas a desaprumos durante a cravação. O processo construtivo consiste em cravar (por vibração, percussão ou prensagem) verticalmente no solo, chapas de aço que são ligadas entre si por ranhuras, formando paredes verticais [3].

2.6. Micro-estacas

São estacas curtas, moldadas “*in-situ*” e de pequeno diâmetro, que pode variar entre os 80 e os 250 mm, podendo atingir os 400 mm. Utilizadas na consolidação de taludes, em fundações normais ou de tipo especial e principalmente na presença de terrenos difíceis. Esta maior utilização provém de uma série de vantagens que estas apresentam em

relação às estacas moldadas ditas “normais”, tais como: uma alta capacidade de carga com assentamentos muito reduzidos (podem atingir os 10MPa enquanto que as estacas moldadas convencionais não ultrapassam os 5-6MPa); utilização em áreas muito reduzidas com pouca perturbação do ambiente circundante, em qualquer tipo de terreno e em qualquer direcção espacial pois trabalham tanto à compressão como à tracção [5]. A capacidade de carga é conseguida essencialmente, através da resistência por atrito lateral, pois, normalmente quando se recorre a micro-estacas, estamos perante um terreno de fracas características. No entanto, a resistência de ponta torna-se significativa na presença de rocha firme [5].

2.7. Estacas em betão

Opção muito utilizada essencialmente para terrenos onde numa profundidade relativamente grande, não se encontram características para suportar as cargas que lhe são impostas pela superestrutura. De secção circular, podendo ser quadrada¹, transmitem as cargas da superestrutura através de atrito lateral ou através da sua ponta.

Cravadas ou moldadas, conforme o seu processo construtivo. As primeiras são executadas “*in-situ*” e as segundas são pré-fabricadas, transportadas para o estaleiro e então inseridas no terreno. As mais utilizadas são as moldadas, face às vantagens ao nível do processo construtivo, como as menores vibrações e ruídos. No entanto, actualmente, tem-se verificado um incremento na utilização de estacas cravadas, pois surgiram evoluções nas técnicas de execução destas. O recurso a camadas de espuma absorventes de ruído e vibração e barreiras exteriores em metal e, ou borracha tem contribuído para minorar estas desvantagens. De resto, as estacas cravadas apresentam vantagens como a rapidez de execução, elevado nível de controlo de qualidade e maior facilidade de posicionamento [5].

2.7.1. Estacas cravadas pré-fabricadas

Processo construtivo idêntico ao das estacas de madeira, diferindo na forma e constituição material da estaca e do equipamento de cravação, que é mecânico e mais moderno, sendo, por isso, possível aplicar uma maior força de cravação para se atingir

¹ De secção quadrada com as arestas quebradas, quando estamos perante estacas de betão armado (pré-fabricadas) para cravação

maiores profundidades. Este processo é utilizado quando importantes camadas de solo de fraca resistência se sobrepõem aos estratos escolhidos para fundação, podendo atingir comprimentos na ordem dos 50 metros, não sendo apropriado para solos de seixo grosso.

O equipamento utilizado para a cravação dos vários elementos de estacas pré-fabricadas é, basicamente, uma máquina de rastos com torre vertical, provida de guias laterais onde encaixa a estaca pré-fabricada. Depois de ficar posicionada, verticalmente no terreno do local de cravação, acciona um martelo de peso variável, entre 4 a 6 toneladas, que, mecanicamente ou por gravidade, transfere uma força de cravação na cabeça da estaca.

À medida que a estaca vai sendo enterrada no solo, através de um pilão, que se move hidraulicamente na calha vertical da vara da máquina, vão sendo adicionados outros elementos pré-fabricados até se atingir a “nega”. Este processo de ligação é feito através de chapas de aço, tipo macho-fêmea, conferindo a verticalidade e garantindo a fixação entre os dois troços de estaca, de forma que durante o processo de cravação os dois troços se mantenham solidarizados. Quando se verifica a “nega” significa que a estaca atingiu a zona de solo rígido, não sendo necessário prosseguir com o processo [3].

O processo pode resumir-se nos seguintes passos [3]:

- 1 – Pré-fabricação das estacas, transporte e depósito em obra;
- 2 – Selecção do equipamento de cravação das estacas;
- 3 – Posicionamento da estaca;
- 4 – Cravação;
- 5 – Estimativa da capacidade de carga;
- 6 – Escavação para o maciço de fundação e demolição da cabeça da estaca;
- 7 – Cofragem, colocação da armadura e betonagem do maciço de fundação;
- 8 – Controlo de qualidade de execução.

2.7.2. Estacas moldadas “*in-situ*”

As estacas executadas por meio de equipamentos à rotação, para extracção dos solos do interior do furo, constituem uma das soluções para os problemas de fundações. Dependendo das características do terreno, pode-se executar estacas com diâmetros

compreendidos entre os 450mm e 2600mm, por rotação, com ou sem emprego de lammas bentoníticas ou polímeros, entubadas ou não com tubos metálicos [3].

2.7.2.1. Com tubo moldador recuperável (TMR) com extracção de terreno

Este método consiste na introdução no solo de vários troços de tubo oco, sendo posteriormente, o solo removido através do interior do tubo com recurso a um trado curto. Esta extracção é feita geralmente à rotação, quando os solos são mais coerentes (trado), ou usa-se um balde de maxilas quando os solos são mais lodosos. No caso de solos mais rochosos é normal o uso do trépano demolidor [3].

O entubamento não tem qualquer função resistente, estando ligado apenas à fase construtiva. Este método justifica-se quando:

- O terreno envolvente não tem capacidade para assegurar a moldagem da estaca;
- O comprimento da estaca é tal que se torna difícil garantir boas condições de betonagem;
- Se verifica a presença de agentes agressivos que podem comprometer a cura do betão;

Sinalizado topograficamente o local de implantação da estaca, o equipamento de furação coloca na vertical o primeiro troço de tubo na mesa osciladora, “morsa”, equipamento adicional acoplado à máquina que, por meio de maxilas, introduz no terreno o troço de tubo à rotação no sentido vertical ou usando o prato da própria máquina. A verticalidade da colocação dos primeiros tubos deve ser verificada, caso contrário afectará toda a execução da estaca [3].

A utilização destes equipamentos depende da disponibilidade dos mesmos, sendo por isso uma opção de ferramentas de trabalho. De referir que o prato só é usado para a cravação dos tubos no início da furação, isto é, nos primeiros metros onde o atrito entre o tubo e o terreno é pequeno, sendo por isso uma força suportada pela máquina. Para grandes profundidades só com uso da mesa é que se torna possível cravar os tubos moldadores recuperáveis [3].

Após a colocação do primeiro troço de tubo moldador, a máquina usa o trado para furação e extração dos solos do interior do tubo. Posteriormente, coloca-se o troço seguinte de tubo moldador, que encaixa no primeiro, através das ranhuras tipo macho-

fêmea e de parafusos de aperto dos dois tubos. Seguidamente entra em funcionamento a “morsa” para introduzir os restantes troços de tubo.

À medida que se vão introduzindo os novos elementos de troços de tubo, vão-se removendo os solos do interior do tubo moldador. Este processo é repetitivo até se atingir as cotas do pé de estaca definidas em projecto. De notar que os dois últimos metros de furação só deverão ser executados quando as armaduras já se encontram preparadas e próximas do local de aplicação, de forma a garantir que o fundo do furo esteja limpo e se possa efectuar a betonagem logo de seguida para garantir um pé de estaca sem detritos. O entubamento é a componente mais dispendiosa do processo de execução da estaca, devido ao tempo que demora a efectuar a furação, entre 2 a 5 horas, e à utilização dos equipamentos mecânicos dispendiosos, no caso da própria máquina de furação e da grua de apoio [3].

Atingida a cota prevista em projecto, e certificando-se “*in-loco*” que o solo removido nos últimos metros de furação é estável, é introduzido o primeiro troço da armadura. Sendo que as armaduras, devido ao comprimento das estacas, são constituídas por vários troços (ultrapassam os comprimentos normalizados dos varões de aço – 12m), existe a necessidade de solidarização dos troços, recorrendo-se à amarração das armaduras através de soldaduras ou à utilização de serra cabos de aperto nas armaduras verticais, sendo esta ligação realizada após a introdução do primeiro troço de armadura.

Durante a fase de introdução dos vários troços no interior do furo, deve-se verificar se as armaduras não apresentam pontos de soldadura danificados e efectuar a ligação dos troços de armaduras longitudinais com serra cabos bem apertados, para unir os varões e manter todos os troços bem ligados. Introduzida a armadura, dá-se início ao processo de betonagem. Nesta fase é introduzido no interior da armadura o cone de betonagem (Trémie), um equipamento constituído por um funil e por uma sucessão de tubos, que permite conduzir o betão até ao fundo do furo. Este processo é efectuado de forma lenta e faseada. No entanto, os primeiros 5 metros de furo devem ser betonados sem interrupções, de forma a garantir uma boa estabilização e fixação da armadura no fundo do furo.

Após a betonagem dos primeiros metros, o cone de betonagem é retirado para se proceder à remoção dos primeiros dois tubos de moldagem da estaca. Retirados os tubos, o cone de betonagem é novamente colocado, com um comprimento inferior ao inicial, para se prosseguir com a betonagem até à cota final e assim se poder retirar os restantes tubos de moldagem. Como o betão vai acumulando impurezas no topo da betonagem (águas, terras e areias), é usual retirar esse material com a ajuda de uma bomba para um local mais afastado da zona da estaca. De forma a não criar problemas ambientais, é norma efectuar-se a bombagem para um poço aberto previamente, onde serão depositadas as lamas provenientes da bombagem. O processo de betonagem deve ser efectuado com cuidado, para evitar que durante a remoção dos tubos moldadores a armadura não fique presa e, deste modo, vir agarrada aos tubos moldadores [3].

O processo pode resumir-se nos seguintes passos [3]:

- 1 – Selecção do equipamento de introdução do tubo moldador e furação;
- 2 – Furação prévia (3 a 4 metros de profundidade) para posicionar e verticalizar o primeiro troço do tubo moldador;
- 3 – Introdução do tubo moldador e furação simultânea, geralmente com trado curto de diâmetro inferior ao usado anteriormente, terra removida de quando em quando, acoplar os diversos troços de tubo moldador com parafusos; massa consistente na ligação;
- 4 – Limpeza do fundo do furo com limpadeira e alargamento da base da estaca, se pretendido, com ferramenta adequada;
- 5 – No furo limpo e confinado pelo tubo moldador, é introduzida a armadura;
- 6 – Betonagem com cone de betonagem (Trémie) com subida simultânea do tubo moldador, até a estaca ficar concluída; fase mais crítica da execução; se a subida for demasiado lenta, o betão já seco agarra-se às paredes do tubo diminuindo a secção da estaca e, se for rápida de mais, o betão não tem auto-sustentação e dá-se o corte da estaca; tanto a trémie como o tubo moldador são desmontados por troços à medida que o nível de betonagem vai subindo; compactação do betão nos 3 metros superiores;
- 7 – Saneamento da cabeça das estacas e execução do maciço de fundação.

2.7.2.2. Com tubo moldador perdido (TMP) com extracção de terreno

Método é idêntico ao tubo moldador recuperável (descrito em 2.7.2.1.), a nível de material e de execução, excepto que o tubo moldador em vez de ser retirado, na fase de

betonagem, fica cravado permanentemente no solo servindo de parede da estaca. Este processo aplica-se em solos muito arenosos e argilosos com níveis freáticos elevados, garantindo, assim, uma boa homogeneização do betão aquando da betonagem [3].

Os tubos metálicos a cravar no solo têm comprimentos de 6m com uma espessura variável, em função do diâmetro da estaca. A espessura da parede do tubo é importante para garantir a resistência necessária aquando da sua aplicação.

Assim, para os diâmetros aplicados em obras do género, as espessuras serão as seguintes [3]:

- Tubos de 800 mm – espessura de 9,5 mm;
- Tubos de 1000 mm – espessura de 10 mm;
- Tubos de 1200 mm – espessura de 12,5 mm;
- Tubos de 1500 mm – espessura de 16 mm.

Atingida a profundidade desejada, tendo-se extraído o terreno com limpadeira ou qualquer outro método apropriado, introduz-se a armadura no interior do tubo moldador e procede-se à betonagem. Os segmentos a betonar devem ser relativamente curtos e compactados por apiloamento ou vibração [4].

O processo pode resumir-se nos seguintes passos [3]:

- 1 – Selecção do equipamento de furação e movimentação de material;
- 2 – Verticalização do equipamento e introdução do tubo de maior diâmetro do que o da estaca;
- 3 – Cravação do tubo moldador pelo seu peso e pressão que o equipamento introduz por vibração (motor vibrador suspenso por cabo); tubo cravado 1 a 1,5 m no terreno com boas características;
- 4 – A furação é feita com limpadeira (baixa consistência do solo); esta transporta o terreno misturado com muita água no seu interior e despeja-o ao lado do furo por abertura da sua face inferior; no firme, recorre-se ao trado ou mesmo ao trépano; o fundo do furo é limpo de detritos com a limpadeira;
- 5 – Introduzida a armadura, a betonagem é efectuada com o recurso ao cone de betonagem (trémie); a água menos densa que o betão, é empurrada para fora do tubo moldador; a extremidade inferior da trémie mantém-se no interior do betão

cerca de 2 metros; a operação de recuperação dos troços da trémie é repetida até preencher com betão, e na sua totalidade, o interior do tubo moldador;

- 6 – Presa do betão (dentro do tubo, em face da existência de água no exterior, o que inviabiliza a sua recuperação) e saneamento da cabeça da estaca acima do tubo moldador (martelos pneumáticos); tubo exterior não aderente ao moldador; ligação da estaca à superestrutura (geralmente através de maciço de fundação).

2.7.2.3. Com tubo moldador recuperável (TMR) sem extracção de terreno

Este método consiste na introdução no solo dos vários troços de tubo, sendo que o primeiro é cravado com uma conveniente obturação, muitas vezes constituída por um rolhão de betão fortemente apilado. Noutras situações o tubo é cravado por apiloamento incidindo directamente no extremo inferior, fechado, quer dizer, a peça moldadora é constituída por um elemento oco ligeiramente cónico e de extremo fechado.

Atingida a profundidade pré-fixada, expulsa-se o rolhão (prende-se o tubo moldador à máquina e percute-se fortemente o rolhão) e efectua-se depois a betonagem procedendo-se como referido em 2.7.2.1. [4].

O processo pode resumir-se nos seguintes passos [3]:

- 1 – Selecção do equipamento de cravação (misto de percussão, rotação e vibração, com pilão para percussão do rolhão) e movimentação do material (grua);
- 2 – Formação da obturação (rolhão: pequena quantidade de betão com um *slump* muito baixo, muito seco e fortemente compactado, pré-fabricado em betão; ponta cónica metálica;
- 3 – Cravação do tubo com a obturação a impedir o acesso do terreno ao interior do tubo moldador; percussão directa do rolhão com um pilão, percussão (com um martelo pneumático ou de queda livre) do tubo moldador de cabeça protegida por um capacete em madeira ou motor vibrador;
- 4 – Atingida a cota pretendida, expulsa-se o rolhão; se este estiver aderente ao tubo moldador, o que se faz é percutir fortemente o rolhão conseguindo que este esboroe, ao mesmo tempo que se prende o tubo moldador à máquina, impedindo de acompanhar o rolhão; a introdução de um movimento no tubo para cima desliga a obturação metálica cónica imediatamente;
- 5 – A armadura é colocada com os espaçadores respectivos;

- 6 – Betonagem com recurso ao cone de betonagem (Trémie), cuja extremidade inferior permanece mergulhada no betão durante todo o processo, ao mesmo tempo que o tubo moldador é içado e, sempre que necessário, desmontado por troços;
- 7 – Necessidade de vibrar o betão, sanear a cabeça da estaca e executar o maciço de fundação.

2.7.2.4. Com tubo moldador perdido (TMP) sem extracção de terreno

Atingida a profundidade desejada como referido em 2.7.2.3., expulsa-se o rolhão (prende-se o tubo moldador à máquina e percute-se fortemente o rolhão) e efectua-se depois a betonagem procedendo-se como referido em 2.7.2.2. [4].

2.7.2.5. Com fluidos de contenção (lamas bentoníticas ou polímeros)

Este processo construtivo consiste na introdução do fluido no interior do furo que origina em cada ponto da parede uma pressão superior ao impulso do terreno. As forças transmitidas ao terreno têm uma componente hidrostática e uma componente hidrodinâmica, originada pelo fluxo do interior do furo para o exterior, mantendo-se estáveis desde que o nível do fluido seja mantido e o fluxo que atravessa a interface tenha escoamentos (regime permanente). O fluido usado pode ser a bentonite ou um produto sintético da família dos polímeros.

A bentonite é uma argila, que sendo constituída por partículas lamelares que, quando misturadas com a água, forma uma suspensão coloidal estável, estabelece ligações eléctricas com as partículas da água adquirindo as propriedades de um gel. O fluido de estabilização, ao percorrer as paredes do furo, deposita nos interstícios do terreno partículas que transporta em suspensão, formando uma película praticamente impermeável, vulgarmente designada por “*cake*” [3].

A execução do furo é feita à rotação e inicialmente a seco até aos 5 metros, somente os necessários para a introdução de um tubo metálico guia e de contenção dos solos superficiais e menos coerentes, sujeitos repetidamente a esforços concentrados devido ao equipamento. Este tubo também serve de referência e apoio para as armaduras e para a coluna de betonagem. Após a colocação do tubo guia, o furo é cheio com o fluido de sustentação. A partir deste momento a furação passa a ser efectuada com o recurso a um balde de escavação, que tem na base ferramentas de corte. Este balde é montado na

extremidade de uma vara telescópica que lhe transmite o binário de corte e a força de avanço, deslocando-se esta ao longo de uma torre montada sobre o corpo principal da máquina. Quando o balde está cheio de detritos é retirado do furo e descarregado. Este passo é rápido, podendo durar entre um a três minutos. Cada passagem do balde pelo furo origina turbulência e variação brusca do fluido de sustentação, daí a importância da colocação do tubo guia nos primeiros metros de furação.

O processo de escavação vai sendo repetido até se atingir as cotas de projecto e, à medida que a furação aumenta, o fluido de contenção vai percorrendo as paredes do furo e criando a estabilização do mesmo, ficando no final todo o furo preenchido com lamas bentoníticas que se foram adicionando à medida que a remoção dos solos era efectuada. No final da escavação, e após a colocação da armadura, o fluido é removido através de bombagem para tanques de reciclagem para posterior utilização, na mesma altura em que é realizada a betonagem da estaca, isto é, entra betão e sai bentonite [3].

O processo pode resumir-se nos seguintes passos [3]:

- 1 – Montagem da central de fabrico e reciclagem das lamas bentoníticas;
- 2 – Selecção do equipamento de furação;
- 3 – Furação prévia com trado curto para melhor posicionar e verticalizar a furação e permitir o posicionamento do tubo guia;
- 4 – Continuação da furação, geralmente com limpadeira, numa primeira fase sem lamas e, quando o solo exige, recorrendo a essas mesmas lamas; alternativa: polímeros estabilizadores;
- 5 – Introdução de armadura no furo preenchido com lamas bentoníticas;
- 6 – Betonagem com recurso ao cone de betonagem (Trémie); à medida que o sobe, as lamas são recolhidas para reciclagem, e a trémie, inserida por troços, é desmontada também por troços;
- 7 – Saneamento da cabeça das estacas e execução do maciço de fundação.

2.7.2.6. Moldada sem sustimento provisório (com trado contínuo)

Este processo construtivo é utilizado quando os solos a perfurar apresentam a consistência suficiente e garantem a estabilidade das paredes do furo, não sendo por isso necessário utilizar revestimento provisório ou definitivo.

Trata-se de uma tecnologia onde a execução é menos dispendiosa, já que é dispensável a utilização de mais equipamentos e, por outro lado, torna-se mais rápida, aumentando

os rendimentos de execução além de que evita vibrações no terreno. Utiliza-se um equipamento de furação à rotação, preparado para a utilização de um trado de hélice contínuo que é introduzido no terreno de uma só vez, com a saída do material escavado à superfície do solo (efeito de parafuso de Arquimedes). O trado apresenta uma haste central oca, que além de ser um elemento estrutural serve também como coluna de betonagem. Este equipamento, é por si só, mais pesado e potente, uma vez que ao usar uma vara única de furação terá que ter uma haste de suporte do trado superior aos equipamentos que utilizam varas por secções, para além da força necessária para efectuar a furação total sem a remoção de solos [3].

O terreno é perfurado pelo trado durante a furação, mas não é removido do furo, servindo de certa forma como elemento de contenção das paredes do furo. Uma vez atingida a cota de projecto, a betonagem é realizada a partir do fundo do furo, com recurso a uma bomba que injecta o betão pela coluna central do trado. Ao mesmo tempo remove-se o trado para que o betão preencha o vazio deixado pela remoção das terras até se extrair completamente o trado. Este processo deve ser efectuado para que o betão preencha e acompanhe a subida do trado, para manter o fuste da estaca homogéneo e sempre com a mesma secção.

Após a betonagem completa do furo, e imediatamente a seguir, é introduzida a armadura o mais vertical possível, que se encontra presa a um prato e a um tubo acoplado a vibrador, os quais ajudarão à descida da armadura pelo betão mais fluido. A armadura, como vai ser introduzida no furo já cheio de betão, deverá estar bem solidarizada e ter uma resistência capaz de penetrar no betão sem alterações estruturais [3].

O processo pode resumir-se nos seguintes passos [3]:

- 1 – Selecção do equipamento de furação;
- 2 – Furação com trado contínuo em que a profundidade de furação é controlada pelo comprimento da haste do trado;
- 3 – Injecção do betão pelo eixo interior do trado, feita em pressão, fazendo subir o trado carregado com solos;
- 4 – Introdução da armadura com vibrador.

2.8.Saneamento de estacas

O saneamento de estacas, consiste na remoção do betão que contém impurezas (areias, lodos, agregados) acumuladas durante a betonagem no topo da estaca. Como, geralmente, toda a armadura no topo da estaca está envolvida pelo betão sem qualidade, é necessário demolir o betão até à cota inferior da sapata, de forma a deixar as armaduras da estaca á vista para serem incorporadas na sapata de fundação, ou serem empalmadas aos pilares (no caso de ser estaca-pilar) [3].

Métodos de saneamento de estacas:

- Processo tradicional, com recurso a mão-de-obra (Marteleiros), martelos demolidores eléctricos ou a ar comprimido (compressores) [3];
- Com recurso a encamisamento de armaduras (Processo “Geosolve”) [3];
- Sistema “Recépieux” (representada pela QGM - Consultoria e Representações para a Construção, Lda) [3].

2.9.Ensaio para a determinação da integridade das estacas

A inspecção dos registos de execução das estacas, não sendo certos e podendo apresentar dúvidas no que respeita à qualidade das estacas, enaltecem a importância do controlo da qualidade das estacas. As soluções de reforço em fundações são onerosas e devem ser evitadas mediante medidas de controlo durante e após a sua execução. Os ensaios devem ser efectuados antes da montagem das armaduras da estrutura e, obrigatoriamente, deve-se aguardar pelos respectivos resultados antes de se avançar com os trabalhos subsequentes, para que, caso os resultados não sejam satisfatórios, não seja necessário proceder à desmontagem das armaduras ou provável demolição da sapata e, ou pilar. Ensaio para a verificação da integridade das estacas:

- Método de diagrfias sónicas (Ensaio de Cross-Hole) [3];
- Método sónico de eco (Ensaio de Stress-Wave) [3];
- Método sónico Transient Dynamic Response (TDR) [6];
- Carotagem [6];
- Método do campo induzido [6];
- Método do radar (Bore hole radar) [6];
- Método sísmico paralelo (parallel seismic) [6];
- Método radioactivo – Gamma-gamma density logging (GGL) [6].

2.10. Ensaios para a determinação da capacidade de carga das estacas

São tanto os factores que podem influenciar a capacidade de carga de uma estaca que se torna importante ajuizar, com algum grau de confiança, qual a grandeza da carga que pode provocar o assentamento de uma estaca isolada no solo de fundação [6].

Ensaios para a determinação da capacidade de carga das estacas:

- Ensaios de carga estática
 - Ensaio com taxa de penetração constante (CRP – constant rate of penetration)[6];
 - Ensaio por patamares crescentes de carga (ML – Maintained load) [6];
 - Método bi-direccional (Célula de Osterberg)[6];
- Ensaio de carga dinâmico
 - Ensaio de carga dinâmico em estacas pré-fabricadas [6];

2.11. A segurança antes, durante e após a fase de execução das estacas.

Os trabalhos de execução de estacas, devido à forma específica como são efectuados, são considerados trabalhos de grande risco de acidente, necessitando de uma boa preparação e uma atenção constante durante a sua realização. Antes de se iniciar a execução de estacas devem-se criar procedimentos específicos, de forma a se respeitar as normas de segurança integradas no Plano de Segurança e Saúde da obra [3].

2.11.1. O Plano de Monitorização e Prevenção

O Plano de Monitorização e Prevenção (PMP) é um documento onde são validados os riscos existentes na actividade e descritas as medidas preventivas a adoptar. Este também indica quem são os responsáveis pelo cumprimento e registo das medidas preventivas e também a periodicidade com que devem ser registadas [3].

2.11.2. Registo de Monitorização e Prevenção

O Registo de Monitorização e Prevenção (RMP) é um documento de registo das verificações e controlo das medidas para cada tipo de tarefa. Este baseia-se no PMP correspondente e deverá ser preenchido pelos responsáveis indicados [3].

2.11.3. Fase de execução

A execução de estacas utiliza equipamentos e máquinas de grande porte, em condições por vezes más, pela natureza do próprio trabalho e pela localização dos terrenos em que são executadas as estacas [3].

Todos os trabalhadores devem ser sensibilizados para os riscos da actividade e informados das medidas preventivas a adoptar antes de iniciarem os trabalhos. Tendo em atenção as regras de segurança, os trabalhadores devem estar equipados com os equipamentos individuais de segurança (botas de biqueira de aço, luvas, capacete, colete reflector e auriculares) e todo o equipamento (máquinas) deve estar em bom estado de funcionamento e respeitar a legislação em vigor [3].

No processo de furação deve-se manter uma distância considerável ao equipamento, para que durante a rotação ninguém seja colhido pelo corpo da máquina, assim como usar meios apropriados de elevação, aquando da fixação de tubos ou outros instrumentos de suspensão. Nesta actividade, por se caracterizar pelo manuseamento de tubos (materiais em suspensão) e ferramentas pesadas, é obrigatório o uso de luvas e ter o maior dos cuidados com os cabos e correntes no transporte de material [3].

Na fase da colocação de armaduras verifica-se, muitas vezes, a necessidade dos trabalhadores serem pendurados e agarrados às armaduras para remoção dos ganchos de suspensão, devendo, por isso, usar os cintos com arnês. No processo de cravação de tubos perdidos o barulho provocado pelo vibro-punçor, e pelo bater deste no topo do tubo, é agressivo, devendo por isso usar-se auriculares de protecção [3].

Em todo o processo de execução de estacas a actividade onde se registam maiores problemas de segurança é no saneamento de estacas. Esta actividade obriga a maiores cuidados, uma vez que se trata de um trabalho manual onde se deve ter cuidado relativamente a:

- Ruído;
- Poeiras;
- Vibrações;
- Projecção de partículas;
- Queda de objectos;

- Esmagamentos;
- Queda em altura [3].

No final da execução de cada estaca, normalmente, o pessoal não toma em atenção as medidas de minimização de riscos, sendo prática habitual prosseguirem com o trabalho com a mudança de local de furação. Verifica-se que a betonagem de uma estaca não é realizada até à cota da plataforma de trabalho, ficando uma abertura desde o fim da betonagem até à plataforma de trabalho, que por razões técnicas não se pode fechar para não contaminar o betão fresco da estaca [3]

Assim, deve-se sinalizar e proteger a abertura recorrendo a:

- Rede de sinalização na envolvente do furo;
- Guarda corpos;
- Colocação de painel de madeira ou metálico;

Acontece, por vezes, que estes furos não ficam sinalizados e os equipamentos (camiões ou outras máquinas) acabam por ficar presos nestes furos, causando atrasos nas obras e estragos nos mesmos equipamentos, por falta de sinalização e protecção [3].

3. EXECUÇÃO DE ESTACAS – CASO PRÁTICO

3.1. Caracterização da empreitada da Escola Superior de Saúde de Aveiro

A empreitada de construção da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, desenvolve-se por dois blocos paralelos, de três pisos cada um, interligados por quatro passadiços metálicos (dois em cada um dos pisos superiores).

O bloco de docentes é constituído por um átrio de recepção, gabinetes de docentes, áreas de administração e de serviços, auditórios, biblioteca e armazéns. O átrio amplo e de pé direito triplo, contém as zonas de controlo e recepção. Desta zona se acede à escadaria principal, a um auditório e à biblioteca. No topo nordeste um átrio secundário de serviço, com acesso ao posto de transformação, aos armazéns e às instalações de recolha de lixo. No piso 1, localiza-se o novo auditório, os gabinetes dos docentes e no topo nordeste, as salas de trabalho, salas técnicas e instalações sanitárias. No piso 2, sobre o auditório, localizam-se os gabinetes da administração e o arquivo. Sobre as salas de trabalho um espaço aberto destinado à informática.

Em cada átrio dos pisos 1 e 2, acede-se aos passadiços que ligam ao bloco dos alunos. No bloco dos alunos, o piso térreo é constituído por uma clínica e laboratórios para as aulas práticas. Nos pisos superiores encontram-se as salas de aula e laboratórios. O piso entre a laje de esteira e a cobertura, é aproveitado para a instalação dos diversos equipamentos de ventilação e tratamento de ar, constituindo-se, portanto, um piso técnico.

3.2. Características do solo de fundação

O Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro solicitou um estudo geológico-geotécnico para identificação da estratigrafia e características dos materiais, associados ao ambiente geológico na área de implantação da Escola Superior de Saúde de Aveiro, que constou na execução dos seguintes trabalhos de campo [6]: 6 sondagens a trado oco e realização de ensaios SPT com um espaçamento médio de 1,50 metros (Anexo 1)

No relatório elaborado é referido que a área em estudo se insere e em terrenos datados do Plio-Plistocénico correspondentes a depósitos de praias antigas. Depósitos constituídos por silte-argiloso e maioritariamente por areia com seixos de várias dimensões. Este horizonte assenta sobre a formação Cretácica constituída por siltitos e argilas de consistência dura a rija, designada vulgarmente na literatura da especialidade por “Argilas de Aveiro”.

Para a prospecção geotécnica a empresa utilizou, na furação, uma máquina SMA 630 – fabrico nacional (Figura 1) equipada com trados ocos de 230 mm de diâmetro exterior e 86 mm de diâmetro interno. No interior dos trados realizam-se os ensaios SPT (Standard Penetration Test). Estes ensaios de penetração dinâmica normalizada foram realizados utilizando o amostrador de Terzaghi, anotando-se o número de pancadas para a cravação de 15+15+15cm, correspondendo os últimos 30 cm ao valor do ensaio SPT (N_{SPT}).



Figura 1. Perfuradora de fabrico nacional SMA 630

(Fonte: Gabinete de Serviços Geotécnicos, Lda – www.gsg.pt)

Para a execução do presente estudo geotécnico, foram perfurados um total de 59 metros e executaram-se 40 ensaios SPT. No Anexo 2 apresenta-se os diagramas das sondagens com ensaios SPT. Na sequência dos resultados obtidos, individualizaram-se quatro unidades litológicas, a saber:

- **Holocénico**

- **Solos orgânicos:** corresponde ao horizonte mais superficial do terreno, constituído por solo orgânico de cor castanha escura com espessura a variar entre 0,40 e 1,00 m.

- **Plio-Plistocénico**

- **Silte argiloso:** horizonte detectado sob a camada de solos orgânicos, constituído por silte argiloso por vezes com alguma areia de cor castanha e com espessura a variar entre 1,20 e 2,70 m, com valores SPT a variar de 5 a 11 pancadas. Horizonte com características de resistência e deformabilidade não adequadas para fundação;
- **Areia:** horizonte detectado abaixo da camada do silte argiloso, constituído por areia de várias granulometrias, por vezes siltosa, argilosa e micácea, à mistura com seixos médios e pequenos, de coloração bege e branca com espessura a variar entre 2,70 e 4,50 m, com valores SPT a variar entre 19 e 28 pancadas. No entanto, considerou-se que os valores obtidos podem corresponder a valores inflacionados resultantes da cravação do amostrador sobre elementos líticos mais grosseiros, não sendo representativos da real resistência da formação. Horizonte com características de resistência e deformabilidade não adequadas para fundação;

- **Cretácico**

- **“Argilas de Aveiro”:** corresponde ao substrato cretácico, detectado subjacente ao horizonte de areia, constituído por siltitos algo argilosos, de coloração predominantemente cinzenta e cinzenta clara com níveis argilosos de cor vermelha, cinzenta e cinzenta esverdeada com laivos alaranjados, com valores SPT superiores a 60 pancadas. Horizonte com as características de resistência e deformabilidade adequadas para fundação.

O nível arenoso de depósitos de praias antigas, é um meio de média a elevada condutividade hidráulica, constituindo um aquífero suspenso, assente sobre o substrato cretácico, praticamente impermeável. Durante os trabalhos de prospecção foi detectada a presença do nível freático, a variar entre as cotas 9,40 e 10,10 metros.

Tendo em conta a litologia existente e a resistência obtida através dos ensaios realizados, foi definido o zonamento geotécnico do solo de fundação, conforme se apresenta na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros geotécnicos

Litologia	Zona Geotécnica	N _{spt}	Massa específica (kN/m ³)	Coesão (kN/m ²)	Ângulo de atrito (°)	Módulo de deformabilidade (MPa)
Solo orgânico	ZG3	-	-	-	-	-
Silte argiloso por vezes com alguma areia/Areia por vezes siltosa	ZG2C	5 – 11	14 – 16	-	28 – 30	8 -10
Areia à mistura com seixos médios e pequenos/Silte argiloso com alguma areia	ZG2B	19 – 28	17 – 18	-	30 – 32	11 – 15
Areia à mistura com seixos médios e pequenos	ZG2A	35 – 60	19 – 20	-	34 – 38	20 – 40
Argila muito dura	ZG1B	21	18	115	-	15
Siltito por vezes argiloso intercalado com níveis argilosos	ZG1A	>60	20 – 21	>200	15	>60

No Anexo 3 apresentam-se os perfis litológicos.

3.3. Dimensionamento de estacas

Pretende-se neste capítulo, determinar a capacidade de carga de uma estaca, recorrendo aos dados recolhidos nas sondagens S1, S2, S3, S4, S5 e S6 realizadas no local de implantação da Escola de Saúde de Aveiro e respectivos ensaios SPT.

A NP ENV1997-1 de Maio de 1999 (Eurocódigo 7) [7], preconiza para o dimensionamento de estacas sob acções verticais os seguintes métodos de cálculo:

- Baseado em resultados de ensaios de carga estáticos (corresponde, por exemplo, a obter directamente o valor da capacidade de carga de uma fundação por estacas, através dos resultados de ensaio de carga estática em protótipo);
- Baseado em resultados de ensaios de carga dinâmicos cuja validade tenha sido demonstrada através de ensaios de carga estáticos em situações comparáveis (corresponde, por exemplo, a obter directamente um valor da capacidade de carga

de uma fundação de estacas dos resultados de ensaios de carga dinâmica, considerando a experiência comparável);

- Aplicação de métodos de cálculo empíricos cuja validade tenha sido demonstrada através de ensaios de carga estáticos em situações comparáveis, utilizando a experiência comparável, os resultados de campo ou de laboratório e da observação (este método corresponde, por exemplo, a obter directamente o valor da capacidade de carga de uma fundação por estacas dos resultados dos ensaios SPT, através de correlações conhecidas, considerando a experiência comparável);
- Aplicação de métodos de cálculo analíticos cuja validade tenha sido demonstrada através de ensaios de carga estáticos em situações comparáveis (este método corresponde, a obter os valores da coesão e do ângulo de atrito, a partir de ensaios de campo ou de laboratório, directamente ou por correlações empíricas, e a usar esses valores no modelo analítico para determinar a capacidade de carga de uma fundação por estacas).

Neste trabalho, recorreu-se a métodos empíricos com base no ensaio SPT: método de Bustamante e Gianeselli, método de Decourt e Quaresma (1978) e método de Aoki e Velloso (1975).

3.3.1. Método de Bustamante e Gianeselli [8].

A metodologia de cálculo DTU^2 , desenvolvida por Bustamante e Gianeselli (1983), é uma das formas de dimensionamento de estacas solicitadas por acções verticais mais utilizadas nos dias de hoje.

Método estático e semi-empírico, que consiste na correlação de resultados obtidos por ensaios geotécnicos (CPT, SPT e PMT) com os determinados por ensaios de carga de estacas reais. Este método foi calibrado com base na interpretação de casos de estudo, com ensaios de carga realizados em vários tipos de terreno e sobre vários tipos de estacas executadas com diferentes tecnologias de execução.

² DTU – Documents Techniques Unifiés (documentos técnicos utilizados em França)

A capacidade de resistente da estaca R_c é calculada pelo somatório da resistência de ponta R_b e de atrito lateral R_s .

$$R_c = R_b + R_s \quad (1)$$

A parcela de resistência de ponta é determinada da seguinte forma:

$$R_b = q_e k_c A_b \quad (2)$$

em que

q_e é a resistência de ponta unitária equivalente, ao nível da base da estaca (kPa)

k_c é o factor de suporte penetrométrico

A_b é a área da base da estaca (m^2)

O factor penetrométrico, k_c , é estabelecido a partir de ensaios de carga, definidos em função da natureza e da consistência do terreno, bem como da tecnologia de execução das estacas. Os valores a adoptar em cada caso são os que constam na Tabela 4

Tabela 4. Valores do factor de capacidade de carga, para o ensaio de penetração estática (q_c)

Natureza do solo	q_c (MPa)	Valores de k_c	
		Grupo I	Grupo II
Lodos e argilas moles	< 1	0,40	0,50
Argilas de consistência média	1 a 5	0,35	0,45
Argilas e siltes duros a rijos	> 5	0,45	0,55
Areias e siltes soltos	< 5	0,40	0,50
Areias e seixos medianamente compactos	5 a 12	0,40	0,50
Areias e seixos compactos a muito compactos	>12	0,30	0,40

Grupo I – Estacas executadas com extracção de terreno

Grupo II – Estacas executadas sem extracção de terreno, ou seja, por deslocamento do terreno

A resistência de ponta equivalente, q_e , corresponde à média aritmética das resistências q_c medidas sobre uma espessura de terreno compreendido entre $1,5\phi$ acima e $1,5\phi$

abaixo da ponta da estaca de diâmetro \varnothing . Eliminam-se os valores de q_c da área que são superiores a $1,3q_e$ ou inferiores a $0,7q_e$ (sendo q_e a média aritmética das resistências q_c).

Calcula-se q_e , como a média equivalente entre os valores de q_c remanescentes, dentro da área delimitada à esquerda por a $0,7q_e$ e à direita por $1,3q_e$ (Figura 2).

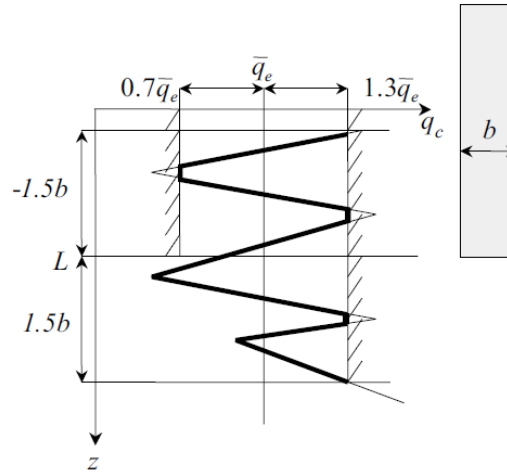


Figura 2. Cálculo da resistência equivalente

A parcela de resistência lateral é determinada da seguinte forma:

$$R_s = \sum_1^i R_s^i = \sum_1^i q_s^i A_s^i \quad (3)$$

em que:

q_s^i é a resistência lateral unitária na camada i (kPa)

A_s^i é a área lateral da estaca no extracto i (m²)

A resistência lateral unitária, q_{si} , é determinada da seguinte forma:

$$q_{si} = \frac{q_c}{\alpha_i} \quad (4)$$

sendo:

α_i um parâmetro que depende da natureza do terreno e do modo de execução da estaca. Os valores de α_i , bem como os valores máximos do atrito unitário q_{si} a considerar em cada tipo de estaca e condições de terreno, constam na Tabela 5.

Tabela 5. Valores de α_i para cálculo do atrito limite

Natureza do solo	q_c (MPa)	Valores de α_i				Valores de q_{si} (kPa)					
		IA	IB	IIA	IIB	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB
Lodos e argilas moles	< 1	30	30	30	30	15 (80)	15 (80)	15 (80)	15	35	-
Argilas de consistência média	1 a 5	40	80	40	80	35 (80)	35 (80)	35 (80)	35	80	>120
Argilas e siltes duros a rijos	> 5	60	120	60	120	35	35	35	35	80	>120
Areias e siltes soltos	< 5	60	150	60	120	35 (120)	35 (80)	35 (120)	35	80	-
Areias e seixos medianamente compactos	5 a 12	100	200	100	200	80 (150)	35 (120)	80 (150)	-	-	-
Areias e seixos compactos a muito compactos	> 12	150	300	150	200	120	80	120	120	150	>200

No caso do atrito lateral, as estacas consoante a tecnologia utilizada na sua execução, encontram-se agrupadas em 6 categorias:

Categoria IA - Estacas furadas simples

- Estacas furadas com lamas
- Estacas furadas com trado contínuo
- Microestacas injectadas a baixa pressão
- Poços
- Barretas

Categoria IB - Estacas furadas entubadas

- Estacas cravadas moldadas

Categoria IIA - Estacas de betão cravadas

- Estacas de betão cravadas por reacção

Categoria IIB - Estacas metálicas cravadas

- Estacas metálicas cravadas por reacção

Categoria IIIA - Estacas apiloadas

Categoria IIIB - Estacas e microestacas injectadas a alta pressão [8]

Assim sendo, com o recurso aos valores médios das sondagens 1, 2, 3, 5 e 6, foi determinada a capacidade de carga de uma estaca, cálculo realizado pela TECMAT Engenharia, cujos dados e resultados cedidos pela fiscalização da obra, se transcrevem:

Características da estaca

$\emptyset_{estaca} = 0,60$ m; Técnica de execução – Trado contínuo; $L_{fuste, estaca} = 7,00$ m

Determinação da resistência de base R_b

$A_{base} =$	0,28 m ²	Parâmetros:	
$q_c =$	15.000 kPa	$N_{SPT} (ZG1A) =$	<u>60</u>
$q_{bk} =$	6.750 kPa	$q_c/N_{SPT} =$	<u>0,25</u>
$R_b =$	1.908,5 kN	$K_c (ZG1A) =$	<u>0,45</u>

Tabela 6. Determinação da resistência lateral R_s

Prof. (1) (m)	Comp (m)	Zona Geot.	N_{SPT} (2)	q_c/N_{SPT} (MPa)	q_c (kPa)	Coef. α_i	q_{si} (kPa)	Máx q_s (kPa)	q_{si} (adop.) (kPa)	A_{si} (m ²)	R_{si} (kN)	R_s (kN)
0,75	0,75	ZG3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00	1,25	ZG2C	7	0,20	1.400	120	11,7	35	11,7	(3)	(3)	(3)
3,50	1,50	ZG2C	7	0,20	1.400	120	11,7	35	11,7	2,83	33,0	33,0
5,00	1,50	ZG2B	24	0,30	7.200	180	40,0	80	40,0	2,83	113,1	146,1
6,50	1,50	ZG2A	49	0,60	29.400	150	196,0	120	120,0	2,83	339,3	485,4
7,00	0,50	ZG1B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,00	2,00	ZG1A	60	0,25	15.000	60	250,0	35	35,0	3,77	131,9	617,3

Legenda:

- 1 – Baseado nas sondagens 1, 2, 5 e 6
- 2 – Valor médio das sondagens 1, 2, 3, 5 e 6
- 3 – A estaca só se desenvolve a 2,0 m

3.3.2. Método de Decourt e Quaresma [8].

O método proposto por estes autores (1978), baseia-se exclusivamente nos dados do ensaio SPT. Foi desenvolvido inicialmente para estacas cravadas e posteriormente generalizado a outros tipos de estacas. Este método é anterior às correções dos valores de N_{spt} , sendo que os autores nada referenciam a propósito.

A capacidade resistente da estaca é determinada através da expressão:

$$R = A_b C_1 C_2 N_{SPT}^L + P C_3 \sum 10 \left(\frac{N_{SPT}^m}{3} + 1 \right) \Delta L \quad (5)$$

a resistência de ponta unitária é obtida através da seguinte expressão:

$$R_b = A_b C_1 C_2 N_{SPT}^L \quad (6)$$

a resistência lateral é obtida através da seguinte expressão:

$$R_s = P C_3 \sum 10 \left(\frac{N_{SPT}^m}{3} + 1 \right) \Delta L \quad (7)$$

sendo:

R é a capacidade resistente última da estaca

R_b é a resistência de ponta unitária da estaca

R_s é a resistência lateral unitária da estaca

A_b é a área da base da estaca (m^2)

P é o perímetro da estaca (m)

ΔL é a espessura da camada de solo (m)

N_{SPT}^L é o N_{SPT} próximo da ponta da estaca

N_{SPT}^m é o N_{SPT} médio para cada ΔL (os valores de N_{SPT}^m menores que 3 devem ser considerados iguais a 3 e os valores superiores a 50 devem ser considerados iguais a 50)

C_1 e C_3 coeficientes dependentes do tipo de estaca. Os valores propostos por Quaresma e tal. (1996) podem ser consultados na

Tabela 7 e na Tabela 8, respectivamente;

C_2 coeficiente que relaciona a resistência de ponta com o valor de N_{SPT}^L dependendo do tipo de solo.

Tabela 7. Valores de C_1 em função do tipo de estaca e do tipo de solo

Solo \ Estaca	Cravada ⁺	Moldada (em geral)	Moldada (com bentonite)	Hélice contínua [*]	Raíz [*]	Injectadas (alta pressão) [*]
Argilas	1,00	0,85	0,85	0,30	0,85	1,00
Solos intermédios	1,00	0,60	0,60	0,30	0,60	1,00
Areias	1,00	0,50	0,50	0,30	0,50	1,00
+ universo para o qual a correlação original foi desenvolvida						
* valores apenas orientativos a partir de um número reduzido de dados disponíveis						

Tabela 8. Valores de C_3 em função do tipo de estaca e do tipo de solo

Solo \ Estaca	Cravada ⁺	Moldada (em geral)	Moldada (com bentonite)	Hélice contínua [*]	Raíz [*]	Injectadas (alta pressão) [*]
Argilas	1,00	0,85	0,90	1,00	1,50	3,00
Solos intermédios	1,00	0,65	0,75	1,00	1,50	3,00
Areias	1,00	0,50	0,60	1,00	1,50	3,00
+ universo para o qual a correlação original foi desenvolvida						
* valores apenas orientativos a partir de um número reduzido de dados disponíveis						

Os valores de indicados na Tabela 9 foram obtidos a partir de ensaios de carga em estacas moldadas.

Tabela 9. Valores atribuídos ao coeficiente C_2

Tipo de solo	C_2 (kPa)
Argilas	120
Siltes argilosos (solos residuais)	200
Siltes arenosos (solos residuais)	250
Areias	400

Recorrendo aos dados fornecidos, designadamente os valores de N_{SPT} das sondagens 1, 2, 3, 5 e 6, os factores de conversão, q_c/N_{SPT} , que permitem a utilização dos dados obtidos pelo ensaio SPT, determinou-se a capacidade de carga de uma estaca:

Determinação da resistência de base, R_b

$$\varnothing_{estaca} = 0,60 \text{ m}$$

$$A_{base} = 0,28 \text{ m}^2$$

$$R_b = 1.730,39 \text{ kN}$$

Parâmetros:

$$N_{SPT}^L (ZG1A) = \underline{60}$$

$$C_1 = \underline{0,85}$$

$$C_2 (kPa) = \underline{120}$$

Tabela 10. Determinação da resistência lateral R_s

Prof. (m)	Comp. (m)	Zona Geot.	C_3	N_{SPT}^m	A_{si} (m ²)	R_{si} (kN)	R_s (kN)
0,75	0,75	ZG3		-	-		
2,00	1,25	ZG2C	0,85	7	(3)	(3)	(3)
3,50	1,50	ZG2C	0,85	7	2,83	80,11	80,11
5,00	1,50	ZG2B	0,85	24	2,83	216,30	296,41
6,50	1,50	ZG2A	0,85	49	2,83	416,58	712,98
7,00	0,50	ZG1B	-	-	-	-	-
9,00	2,00	ZG1A	0,85	60 (50)	3,77	566,11	1.279,10

Legenda: 3 – A estaca só se desenvolve a 2,0 m

3.3.3. Método Aoki e Velloso [8].

Aoki e Velloso (1975) propõem um método para o cálculo da capacidade resistente de uma estaca com base nos resultados do ensaio CPT. Utilizando um factor de conversão K (q_c/N_{SPT}), o método foi adaptado, possibilitando a utilização dos dados obtidos no ensaio SPT. Introduce também um coeficiente α que representa a relação entre as resistências de ponta e lateral. Este método é anterior às correcções dos valores de N_{SPT} , sendo que os autores nada referenciam a propósito.

Assim sendo, a capacidade resistente última de uma estaca, segundo os autores pode ser determinada através da seguinte expressão:

$$R = A_b K \frac{N_{SPT}^L}{F_1} + P \sum \alpha K \frac{N_{SPT}^m}{F_2} \Delta L \quad (8)$$

a resistência de ponta unitária é obtida através da seguinte expressão:

$$R_b = A_b K \frac{N_{SPT}^L}{F_1} \quad (9)$$

a resistência lateral é obtida através da seguinte expressão:

$$R_s = P \sum \alpha K \frac{N_{SPT}^m}{F_2} \Delta L \quad (10)$$

em que:

R capacidade resistente última da estaca

R_b resistência de ponta unitária da estaca

R_s resistência lateral unitária da estaca

A_b área da base da estaca (m^2)

P perímetro da estaca (m)

Δ_L espessura da camada de solo (m)

N_{SPT}^L o N_{SPT} próximo da ponta da estaca;

N_{SPT}^m o N_{SPT} médio para cada Δ_L ;

F_1 e F_2 coeficientes de correção das resistências de ponta e lateral, permitindo a consideração do efeito de escala entre a estaca e o cone, cujos valores se apresentam na Tabela 11.

K e α dependem do tipo de solo e das suas características granulométricas cujos valores se podem consultar na Tabela 12.

Tabela 11. Valores propostos para F_1 e F_2

Tipo de estaca	F_1	F_2
Franki	2,50	5,00
Metálica	1,75	3,50
Cravada	1,75	3,50
Moldada	3,50	7,00

* F_1 e F_2 segundo Velloso, Aoki e Salamoni (1978)

Tabela 12. Valores atribuídos aos coeficientes K e α

Tipo de solo	K (MPa)	α (%)
Areia	1,00	1,40
areia siltosa	0,80	2,00
areia silto-argilosa	0,70	2,40
areia argilosa	0,60	3,00
areia argilosa-siltosa	0,50	2,80
Silte	0,40	3,00
silte arenoso	0,55	2,20
silte areno-argiloso	0,45	2,80
silte argiloso	0,23	3,40
silte argiloso-arenoso	0,25	3,00
Argila	0,20	6,00
argila arenosa	0,35	2,40
argila areno-siltosa	0,30	2,80
argila siltosa	0,22	4,00
argila silto arenosa	0,33	3,00

Recorrendo aos dados fornecidos, designadamente os valores de N_{SPT} das sondagens 1, 2, 3, 5 e 6, os factores de conversão, q_c/N_{spt} , que permitem a utilização dos dados obtidos pelo ensaio SPT, determinou-se a capacidade de carga de uma estaca:

Determinação da resistência de base, R_b :

$$\emptyset_{estaca} = 0,60 \text{ m}$$

$$A_{base} = 0,28 \text{ m}^2$$

Parâmetros

$$N_{SPT}^L (\text{ZG1A}) = 60$$

$$q_c/N_{SPT} = 0,25$$

$$R_b = 1.211,76 \text{ kN}$$

$$F_1 = 3,50$$

Tabela 13. Determinação da resistência lateral R_s

Prof. (m)	Comp. (m)	Zona Geot.	N_{SPT}^m	α (%)	K (MPa)	A_{si} (m ²)	F_2	R_{si} (kN)	R_s (kN)
0,75	0,75	ZG3	-	-	-	-	-	-	-
2,00	1,25	ZG2C	7	6,00	0,20	(3)	(3)	(3)	(3)
3,50	1,50	ZG2C	7	6,00	0,20	2,83	7	33,93	33,93
5,00	1,50	ZG2B	24	2,80	0,30	2,83	7	81,43	115,36
6,50	1,50	ZG2A	49	3,00	0,60	2,83	7	356,26	471,62
7,00	0,50	ZG1B	-	-	-	-	-	-	-
9,00	2,00	ZG1A	60	3,00	0,25	3,77	7	242,35	713,97

Legenda:3 – A estaca só se desenvolve a 2,0 m

3.3.4. Notas conclusivas.

Resumindo na Tabela 14, os resultados obtidos com recurso a três métodos, tem-se:

Tabela 14. Valores da resistência de ponta R_b , capacidade resistente lateral R_s e da capacidade resistente última R , tendo por base resultados de ensaios SPT

Método de cálculo	R_b (kN)	R_s (kN)	R (kN)
Bustamante e Gianceselli (1983)	1.908,52	617,30	2.525,82
Decourt e Quaresma (1978)	1.730,39	1.279,10	3.009,49
Aoki e Velloso (1975)	1.211,76	713,97	1.925,73

Da observação da Tabela 14 e da Figura 3, verifica-se que a capacidade resistente por ponta é mais elevada quando determinada pelo método de Bustamante e Gianceselli (1983) e mais reduzida quando determinada pelo método de Aoki e Velloso (1975).

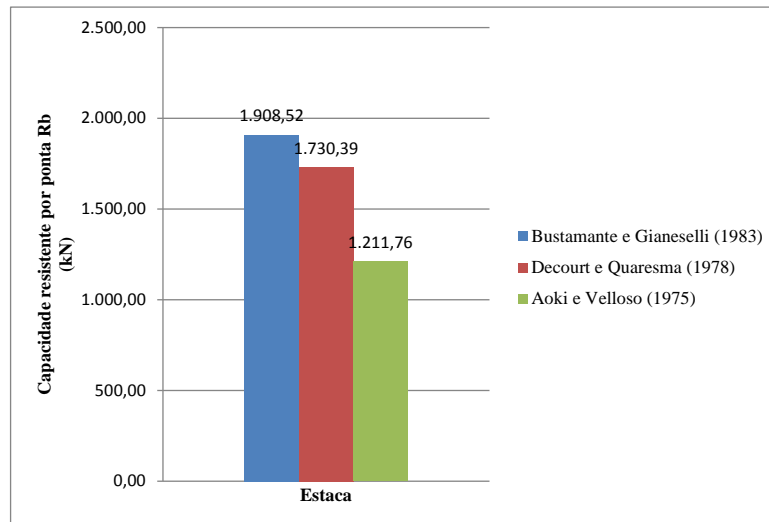


Figura 3. Visualização gráfica dos valores da capacidade resistente por ponta Rb

A análise da Figura 4, permite verificar que o método de Decourt e Quaresma (1978) conduz aos valores mais elevados da capacidade resistente lateral e que o método de Bustamante e Gianeselli (1983) conduz aos valores mais reduzidos.

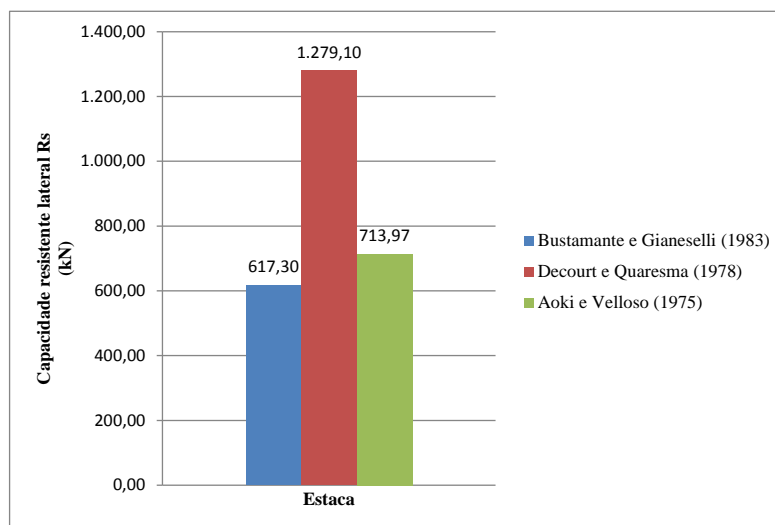


Figura 4. Visualização gráfica dos valores da capacidade resistente lateral Rs

A análise da Figura 5, permite verificar que o método de Decourt e Quaresma (1978) conduz ao valor mais elevado da capacidade resistente última da estaca e que o método de Aoki e Velloso (1975) conduz ao valor mais reduzido.

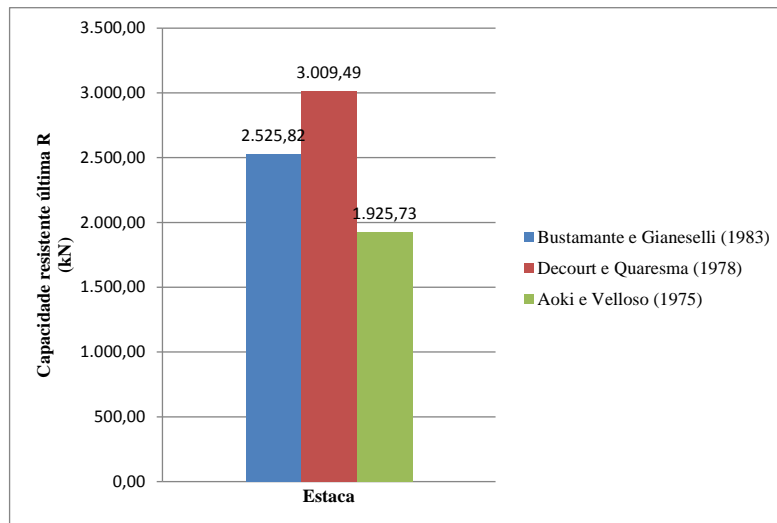


Figura 5. Visualização gráfica dos valores da capacidade resistente última R

Considerando os resultados obtidos pelos 3 métodos, a média da capacidade resistente última é de 2.487,01 kN. Tomando assim este valor médio como referência, analisando a Figura 6 verifica-se que o valor da capacidade resistente última que mais se aproxima é o obtido através do método de Bustamante e Ganeselli (1983).

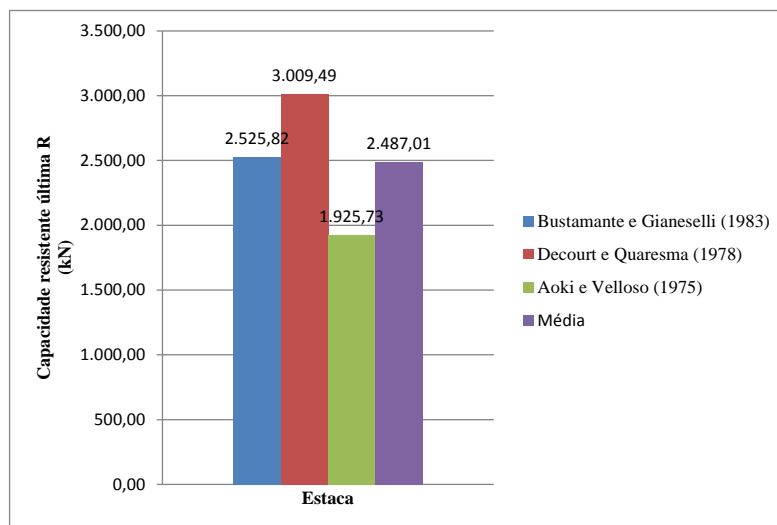


Figura 6. Visualização gráfica dos valores da capacidade resistente última R e respectiva média

3.4. Descrição do processo de execução das estacas

Face às considerações expostas no relatório acerca das condições geotécnicas do solo de fundação e à presença do nível freático, verificou-se a necessidade de recorrer a fundações indirectas por estacas nos edifícios que constituem a Escola Superior de Saúde de Aveiro, recorrendo ao método sem contenção provisória (com trado contínuo).

No processo de execução das estacas de fundação realizadas com trado contínuo, na obra da Escola Superior de Saúde de Aveiro, destacam-se as seguintes fases:

1ª Fase – Selecção do equipamento

Utilizado um equipamento de furação à rotação, preparado para a utilização de um trado de hélice contínuo que é introduzido no terreno de uma só vez, com a saída do material escavado à superfície do solo (efeito de parafuso de Arquimedes) e respectiva broca, com as dimensões (comprimento e diâmetro) adequadas às dimensões das estacas (\varnothing 600 mm) a executar (Figura 7 e Figura 8) e adaptado às características do terreno.



Figura 7. Equipamento de furação Modelo HC 60



Figura 8. Broca de furação (\varnothing 600 mm)

2ª Fase – Implantação topográfica das estacas

Com o recurso a serviços de topografia (Figura 9) é efectuada a materialização, no terreno, da localização da estaca (Figura 10).



Figura 9. Implantação das estacas com recurso a serviços de topografia



Figura 10. Localização da estaca

3ª Fase – Furação

Mobilizado o equipamento, antes de se iniciar a furação, é necessário obturar o fuste do trado, uma vez que este é oco. Esta operação é efectuada na broca do trado, recorrendo-se ao fecho de uma tampa (Figura 11). Evita-se assim, a entrada de detritos resultantes da furação no interior do fuste do trado.



Figura 11. Pormenor da tampa de obturação localizada na broca

Dá-se início à furação, até à profundidade de projecto, expelindo parte do solo durante esta operação (Figura 12).



Figura 12. Início da furação do terreno

4ª Fase – Injecção do betão

Atingida a cota de projecto, com o trado no interior do furo (serve de certa forma como elemento de contenção das paredes da estaca), dá-se início à betonagem com recurso a auto bomba (Figura 13).



Figura 13. Equipamentos de fornecimento e de bombagem do betão

O betão é injectado pelo topo da coluna central do trado (Figura 14). O obturador, localizado na broca, é aberto por pressão, assim que se verifica a injeção do betão.



Figura 14. Pormenor do ponto de entrada do betão no topo do trado

Gradualmente remove-se o trado, para que o betão preencha o vazio deixado pela remoção das terras até a extracção total do trado (Figura 15). Este processo deve ser efectuado lentamente, para que o betão preencha o vazio e acompanhe a subida do trado, para manter o fuste da estaca homogéneo e sempre com a mesma secção.



Figura 15. Remoção do trado

5ª Fase – Introdução da armadura com auxílio do vibro-punçor

Após a betonagem da estaca até à cota inicial, e antes da introdução da armadura, procede-se à limpeza da cabeça da estaca, removendo-se detritos resultantes da furação e da camada de betão contaminada com solos (Figura 16).



Figura 16. Remoção de detritos na cabeça da estaca

Enquanto decorre esta operação, é aplicado o vibro-punçor na armadura (Figura 17), previamente dotada de espaçadores (Figura 18).



Figura 17. Introdução do vibro-punçor na cabeça da estaca



Figura 18. Armadura com os espaçadores

Os espaçadores têm por função garantir o correcto recobrimento das armaduras, e assegurar não só a necessária protecção contra a corrosão mas também a eficiente transmissão das forças entre as armaduras e o betão³.

A utilidade do vibro-punçor é auxiliar a introdução da armadura, que deve estar bem solidarizada ao mesmo (Figura 19) e ter uma rigidez razoável, capaz de penetrar no furo preenchido de betão sem alterações estruturais.



Figura 19. Outra perspectiva do vibro-punçor

Após a aplicação do vibro-punçor na armadura, esta é suspensa pelo equipamento de furação (Figura 20), verticalizada e posteriormente introduzida na estaca com o auxílio do vibro-punçor, tirando partido do seu peso próprio e com a colaboração imprescindível dos trabalhadores (Figura 21 e Figura 22).



Figura 20. Elevação da armadura recorrendo ao equipamento de furação

³ Artigo 78 do Decreto-Lei n.º 349-C/83, de 30 de Julho – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado [9]



Figura 21. Verticalização e introdução da armadura no interior da estaca



Figura 22. Introdução da armadura na estaca

6ª Fase – Saneamento das estacas

Após a execução das estacas e rebaixamento da plataforma de trabalho até à cota de projecto, é necessária a demolição do betão até à cota inferior da sapata, de forma a deixar as armaduras da estaca à vista para serem incorporadas na sapata de fundação (Figura 23).



Figura 23. Estacas saneadas

Sendo importante que na cabeça da estaca o betão se apresente nas condições e com a resistência adequada para se fazer a ligação da sapata à estaca, o processo de saneamento e limpeza torna-se moroso e pesado, já que é um processo em parte manual.

De forma a minimizar o tempo consumido nesta operação, e também com o objectivo de facilitar o trabalho, recorrendo a um utensílio manual (Figura 24), imediatamente após a betonagem das estacas e antes do endurecimento do betão, executa-se a remoção do betão em excesso (Figura 25), recolhido no balde é usado como betão de limpeza em outro local da empreitada (Figura 26).



Figura 24. Ferramenta manual de recolha de betão



Figura 25. Remoção de betão em excesso



Figura 26. Recolha para aproveitamento em betão de limpeza

3.5. Análise do processo construtivo

Apresenta-se de seguida um resumo de vantagens e desvantagens na execução de estacas com trado contínuo.

Vantagens

- Rapidez de execução;
- Método económico, pois não recorre a outro tipo de equipamentos (tubos moldadores recuperáveis ou perdidos);
- Ausência de vibrações transmitidas ao terreno durante a perfuração;
- Níveis de ruído relativamente baixos, salvo durante a introdução da armadura no interior da estaca, em que se verifica ruído incomodativo proveniente do vibro-punçor.

Desvantagens

- Em solos arenosos e abaixo do nível freático a resistência do solo em volta da estaca é reduzida, causada pela perfuração;
- Dependente da destreza do operador, pois velocidade de extracção do trado deve ser igual ao ritmo de injeção do betão, para evitar o desmoronamento das paredes do furo (durante a betonagem da estaca), o que pode provocar a

queda de resíduos para o interior e contaminar o betão (conduzindo ao corte do fuste);

- A estaca tem que ser obrigatoriamente betonada até à sua cota inicial;
- O comprimento máximo do trado é limitado pela altura da lança do equipamento de perfuração;
- Não há garantia de um correcto posicionamento e recobrimento da armadura.

3.6. Controlo de qualidade das estacas

Após a execução das estacas, torna-se necessária a execução de ensaios com o propósito de verificação da sua integridade.

As soluções de reforço em fundações são onerosas e, portanto, devem ser evitadas recorrendo a medidas de controlo durante e após a sua execução.

Os ensaios devem ser efectuados antes da montagem das armaduras da estrutura e, obrigatoriamente, deve-se aguardar pelos resultados antes de se avançar com os trabalhos subsequentes, para que, caso os resultados não sejam satisfatórios, não seja necessário proceder à desmontagem das armaduras ou provável demolição da sapata e, ou pilar.

3.6.1. Realização de ensaios sónicos de avaliação da integridade

Após o saneamento das cabeças das estacas, foram realizados ensaios sónicos para verificação da integridade das estacas nos dois blocos que constituem a Escola Superior de Saúde de Aveiro.

Para execução do trabalho foi utilizado um equipamento modelo FPDS7 da TNO Building and Construction Research (Holanda).

Segundo Maria de Lurdes Penteado e Jorge de Brito (2009) [10], o ensaio sónico baseia-se na característica de propagação de uma onda sónica de compressão induzida na cabeça da estaca por uma pancada de pequena intensidade (com um martelo de mão de peso inferior a 1 kg), que permite detectar eventuais descontinuidades na estrutura da estaca (fracturas), bem como a ocorrência de uma significativa diminuição de rigidez do

meio associada à diminuição acentuada do diâmetro da estaca, avaliando portanto a sua integridade (Figura 27).



Figura 27. Aplicação de pancada com martelo na cabeça da estaca

(Fonte: www.testconsult.co.uk)

No topo da estaca, é fixado um acelerómetro que registará a propagação e a reflexão da onda no seu percurso ao longo da estaca. Na Figura 28 representa-se o princípio de funcionamento do ensaio. Se houver algum impedimento à propagação da onda, serão detectadas as correspondentes variações de velocidade monitorizadas pelo sensor (acelerómetro).

O sinal obtido pelo acelerómetro em cada impacto é transmitido como input ao aparelho onde é amplificado, convertido para a forma digital e processado no computador portátil com software para o processamento electrónico de sinais.

Com o objectivo de preservar todos os detalhes do sinal, em especial as fracas reflexões, o circuito de input faz uma selecção automática garantindo a melhor resolução possível. Amplifica-se o resultado de forma crescente, aumentando em função do comprimento da estaca, à medida que diminui a amplitude do sinal, com a finalidade de compensar o amortecimento da energia provocada por fenómenos de atrito estaca - terreno envolvente. A partir do sinal captado em termos de aceleração, é calculada a velocidade em função do tempo de percurso.

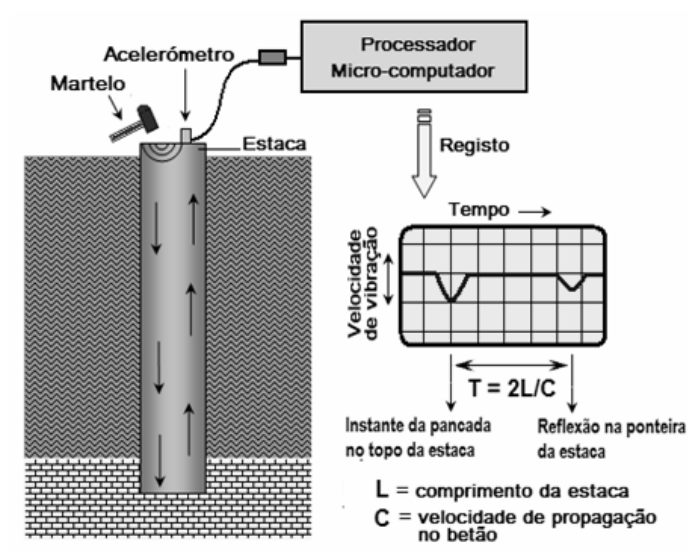


Figura 28. Esquema do ensaio sónico

(Fonte: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil)

Os parâmetros de entrada para o programa são o local de ensaio, a designação da estaca de ensaio, o comprimento da estaca e a velocidade de propagação das ondas de compressão no betão. O impacto do martelo na cabeça da estaca origina uma onda de compressão que se propaga com uma velocidade de propagação dada pela expressão 11.

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (11)$$

em que

C a velocidade de propagação da onda;

E módulo de elasticidade do betão;

ρ massa volúmica do betão.

A onda originada na cabeça da estaca é captada, depois de reflectida no pé da estaca sem descontinuidades, ao fim do tempo T calculado através da seguinte expressão:

$$T = \frac{2L}{C} \quad (12)$$

sendo

L comprimento da estaca.

Durante o ensaio, visualizam-se no micro computador registos de velocidade de vibração em função do tempo de percurso (Figura 29).

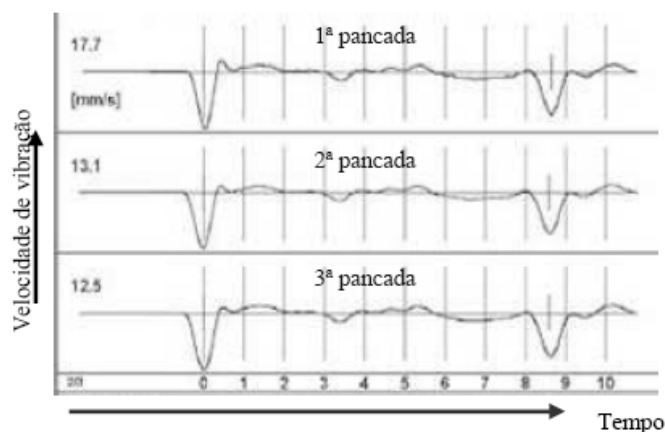


Figura 29. Registo ensaio sónico com 3 marteladas

Paralelamente ao eixo das abcissas, é apresentada uma escala métrica de profundidades, dimensionada em função da velocidade de propagação introduzida. Assim, todas as reflexões são localizadas directamente em termos de profundidade. Normalmente, são executadas três pancadas para a mesma estaca com o objectivo de verificar se os resultados são coincidentes, conforme se pode observar na Figura 29.

O tipo de onda de vibração obtido depende se a estaca está a funcionar como flutuante (a transmitir as cargas por atrito lateral) ou a trabalhar por ponta (transferindo as acções que lhe são aplicadas para uma base bastante rígida).

Aplicando uma pancada na cabeça da estaca, esta será percorrida por uma onda de compressão, que irá reflectir-se na sua extremidade inferior, o pé da estaca. Esta onda reflectida chegará à cabeça da estaca com a mesma polaridade da onda incidente ou com polaridade inversa, dependendo das características mecânicas do pé da estaca.

Numa extremidade livre, uma onda de compressão será reflectida como uma onda de tracção semelhante. Esta é a situação que se verifica para uma estaca flutuante. A polaridade da onda reflectida será, ao nível da cabeça da estaca, igual à da onda de compressão incidente.

No caso de haver uma base rígida onde descarrega a estaca, esta é percorrida por duas ondas idênticas, de compressão ou de tracção, mas em sentidos contrários. Nesta

situação, uma onda de compressão será reflectida como uma onda de compressão, com a mesma forma e amplitude da onda incidente. Corresponde esta condição à estaca estar a trabalhar por ponta e a polaridade da onda reflectida será inversa da onda de compressão incidente.

Conhecido o tempo de propagação (T), a determinação da localização da descontinuidade L' em relação à cabeça da estaca é obtida directamente pela expressão 13.

$$L' = C \times \frac{T}{2} \quad (13)$$

Segundo a mesma fonte, a polaridade do sinal reflectido, relativamente à do sinal emitido, dá uma indicação do tipo de onda captada, consequência das condições físicas da estaca.

Caso exista outra descontinuidade (para além do pé da estaca) entre a cabeça e o pé, ela produzirá igualmente uma reflexão que será eventualmente registada antes da reflexão final correspondente ao pé da estaca.

Recebendo-se uma onda reflectida com a mesma polaridade da onda incidente, isso será devido a uma onda de tracção resultante da ocorrência de uma significativa diminuição de rigidez do meio, que poderá ser devida a uma fractura, diminuição acentuada do diâmetro da estaca, inclusão de terreno no corpo da estaca, entre outros. Caso contrário, poder-se-á estar na presença de uma base rígida onde descarrega a estaca ou da ocorrência de um significativo alargamento do seu fuste, por exemplo.

O método apresenta as seguintes principais vantagens:

- é de execução rápida;
- o equipamento é leve, portátil e mobiliza poucos recursos;
- é o método mais económico de se obter informação sobre a integridade das estacas, podendo ser executado em todas as estacas da obra;
- pode ser usado para confirmar o comprimento das estacas.

Do ponto de vista das desvantagens e limitações do ensaio, têm-se as seguintes:

- não detecta variações geométricas da secção se estas ocorrerem gradualmente, nem estacas encurvadas;
- nem sempre os resultados são conclusivos; em situações intermédias com fortes ondulações do fuste (alargamentos e estreitamentos), torna-se bastante mais difícil a interpretação dos registos das ondas;
- pode apresentar pouca precisão na avaliação da intensidade dos danos e não permite detectar pequenas descontinuidades ou irregularidades da estaca ou ainda a alteração gradual do betão da estaca;
- o método mostra-se inadequado para estacas com grandes diâmetros e elevados comprimentos, devido à perda de resolução com o aumento de diâmetro e do comprimento, associada à perda de energia por atenuação; é por isso indicado para estacas de pequeno diâmetro e comprimento até cerca de 30 vezes o diâmetro da estaca.

No entanto, concluem os autores que o método, pela experiência demonstrada e pelas anomalias registadas, constitui uma boa indicação das condições de integridade das estacas.

3.6.1.1. Integridade das estacas no Lote 5 – Bloco dos Alunos

Para avaliação da integridade das estacas executadas no Lote 5 – Bloco dos Alunos, foram ensaiadas 12 estacas com comprimentos compreendidos entre os 7,0 e os 10,0 metros, designadamente [11]:

- **CAMPANHA 1:** E116, E119, E136, E139, E162, E166, E185, E189, E213, E228, E231 e E234 (Anexo 4)

Os resultados dos ensaios realizados permitiram obter as seguintes informações:

- As deflexões correspondentes às ponteiros das estacas são nítidas;
- Nas deflexões positivas, indicadoras de alargamentos da secção nominal, algumas das estacas ensaiadas revelaram alargamentos nos metros iniciais, tal como é o caso das estacas E166 e E189 (Anexo 5);
- Não foram detectadas deflexões negativas de grande magnitude, indicativas de estreitamentos, fissuração ou inclusões de solo no corpo das estacas.

3.6.1.2. Integridade das estacas no Lote 7 – Bloco dos Docentes

Para avaliação da integridade das estacas executadas no Lote 7 – Bloco dos Docentes, foram ensaiadas 12 estacas com comprimentos próximos dos 8,0 metros, designadamente [11]:

- **CAMPANHA 2:** E1, E19, E24, E36, E41, E59, E68, E72, E79, E89, E92 e E114

Os resultados dos ensaios realizados permitiram obter as seguintes informações:

- As deflexões correspondentes às ponteiros das estacas são nítidas;
- Nas deflexões positivas, indicadoras de alargamentos da secção nominal, algumas das estacas ensaiadas revelaram alargamentos nos metros iniciais, tal como é o caso das estacas E41 e E68 (Anexo 6);
- No caso da estaca E36 (Anexo 6), verifica-se igualmente um alargamento entre os 3,00 e os 4,00 metros, possivelmente resultado de uma alteração do material que se torna menos competente. Este tipo de anomalias não afecta a boa integridade e continuidade das estacas referidas;
- Não foram detectadas deflexões negativas de grande magnitude, indicativas de estreitamentos, fissuração ou inclusões de solo no corpo das estacas.

4. SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE NO TRABALHO

Embora se tenha assistido nas últimas décadas a uma grande melhoria nas condições de trabalho, as condições de segurança em estaleiros temporários ou móveis continuam a ser frequentemente deficientes e estão na origem de acidentes de trabalho graves e mortais, provocados sobretudo por quedas em altura, esmagamentos e soterramentos.

Daqui resulta a importância e a obrigatoriedade, ao abrigo do disposto no Decreto-lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro [12], de qualquer empreitada de construção civil e obras públicas possuir Plano de Segurança e Saúde, instrumento fundamental de planeamento e de organização da segurança no trabalho.

4.1. Organização do estaleiro

A área de intervenção da empreitada, encontrava-se delimitada por meio de painéis opacos com 2 metros de altura, evitando-se assim a entrada accidental de pessoas na zona dos trabalhos. Na entrada sinalização de perigo referente aos riscos inerentes à obra, e sinais de obrigatoriedade relativos à utilização de EPI's (Equipamentos de protecção individual), e proibição de entrada a pessoas estranhas à empreitada (Figura 30).



Figura 30. Sinalização de segurança

Em complemento indicação de limite de velocidade dentro do estaleiro (20 km/h) e obrigatoriedade de utilização de colector reflector (Figura 31).



Figura 31. Complemento da sinalização de segurança

À entrada, ponto de controlo de entradas e saídas no estaleiro, de forma a assegurar acesso reservado apenas a pessoas autorizadas.



Figura 32. Controlo das entradas e saídas no estaleiro

Zonas de circulação pedonal sinalizadas e delimitadas com rede de polietileno cor-de-laranja de 1,20 m de altura (Figura 33), bem como as áreas já intervencionadas (Figura 34).



Figura 33. Delimitação de zonas de circulação pedonal
(Fonte: VHM Coordenação e Gestão de Projectos, SA)



Figura 34. Delimitação de zonas intervencionadas
(Fonte: VHM Coordenação e Gestão de Projectos, SA)

4.2. Plano de inspecção e prevenção

Com o Plano de Inspeção e Prevenção, eram validados os riscos existentes na actividade e descritas as medidas preventivas a adoptar. O sistema concebido assentava na criação e utilização de três (3) documentos pela entidade executante [13]:

- **Procedimento de Inspeção e Prevenção** (Anexo 7), em conformidade com os métodos e processos construtivos a utilizar na operação de construção;
- A implementação do Procedimento de Inspeção e Prevenção, pressupunha o controlo das verificações/tarefas nelas referidas. Controlo da responsabilidade da entidade executante, era registado nas folhas de **Registo de Inspeção e Prevenção** (Anexo 8);
- No caso de ser detectada uma não conformidade grave, era elaborada a **Ficha de Não Conformidade e Acções Correctiva/Preventivas** (Anexo 9).

4.3. Trabalhos e materiais com riscos especiais

No artigo 7.º do Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro [12], são discriminados os trabalhos e materiais com riscos especiais para a segurança e saúde dos trabalhadores, designadamente:

- trabalhos que exponham os trabalhadores a riscos de soterramento, de afundamento ou de queda em altura, particularmente agravados pela natureza da actividade ou dos meios utilizados, ou do meio envolvente do posto, ou da situação de trabalho, ou do estaleiro;

- trabalhos que exponham os trabalhadores a substâncias químicas ou biológicas susceptíveis de causar doenças profissionais;
- trabalhos com radiações ionizantes, em relação aos quais seja obrigatória a designação de zonas controladas ou vigiadas, como as definidas na legislação em vigor;
- trabalhos na proximidade de linhas eléctricas de média e alta tensão;
- trabalhos efectuados em vias ferroviárias ou rodoviárias que se encontrem em utilização, ou na sua proximidade;
- trabalhos de mergulho com aparelhagem ou que impliquem risco de afogamento;
- trabalhos em poços, túneis, galerias ou caixões de ar comprimido;
- trabalhos que envolvam a utilização de explosivos, ou susceptíveis de originarem riscos devido a atmosferas explosivas;
- trabalhos de montagem e desmontagem de elementos pré-fabricados ou outros, cuja forma, dimensão ou peso exponham os trabalhadores a risco grave;
- outros trabalhos que o dono de obra ou o autor de projecto, fundamentadamente, considerem susceptíveis de constituir risco grave para a segurança e saúde dos trabalhadores.

No caso do PSS da empreitada da Escola Superior de Saúde de Aveiro, apresenta-se a lista dos trabalhos previstos executar e dos materiais a utilizar, aos quais se associam riscos especiais, mais especificamente na actividade execução de estacas com recurso a trado continuo (Tabela 15 e Tabela 16).

Tabela 15. Lista de materiais com riscos especiais

N.º	Trabalhos	Riscos Potenciais	Risco		
			B	M	A
1	Aços	▪ Perfurações		X	
		▪ Esmagamento pelos cabos de aço (aperto entre cabo e elemento, ou entre duas partes do cabo) ou pelos próprios elementos			X
2	Cimento	▪ Dermatoses			X
		▪ Afecções respiratórias		X	
3	Betões	▪ Dermatoses			X

(Fonte: PSS da empreitada da Escola Superior de Saúde de Aveiro)

Tabela 16. Lista de trabalhos com riscos especiais

N.º	Trabalhos	Riscos Potenciais	Risco ⁴		
			B	M	A
2	Execução de estacas e maciços	▪ Capotamento da máquina		X	
		▪ Soterramento (desprendimentos de terras);			X
		▪ Queda em altura (da plataforma ou do bordo da escavação);			X
		▪ Queda de objectos em manipulação (armaduras);			X
		▪ Choque ou pancadas por objectos móveis;		X	
		▪ Esmagamento ou entaladelas			X
		▪ Queda ao mesmo nível			X
3	Colocação de cofragem e armaduras e, betonagem e descofragem	▪ Queda em altura			X
		▪ Queda ao mesmo nível por tropeçamento			X
		▪ Queda de elementos/materiais e objectos			X
		▪ Colapso da estrutura de suporte (betonagem)		X	
		▪ Soterramento por desmoronamento do talude adjacente;		X	
		▪ Esmagamento por desprendimento nas operações de descarga e pela queda das armaduras na movimentação e transporte;			X
		▪ Choques na movimentação e colocação dos elementos ou pelos equipamentos de transporte de betão;			X
		▪ Perfurações ou cortes no manuseamento dos varões e na movimentação e montagem dos elementos;			X
		▪ Projecções de betão fresco;			X
		▪ Contacto com óleos minerais.		X	

⁴ B – Baixo, M – Médio e A – Alto.

N.º	Trabalhos	Riscos Potenciais	Risco		
			B	M	A
4	Transporte e montagem de elementos de elevado peso e dimensões (movimentação e montagem de elementos pré-fabricados)	▪ Queda de elementos;			X
		▪ Colapso da estrutura de elevação e movimentação;			X
		▪ Esmagamento pelos cabos de aço (aperto entre cabo e elemento ou entre as duas partes do cabo) ou pelos próprios elementos;			X
		▪ Queda em altura;			X
		▪ Choques na movimentação dos elementos;			X
		▪ Perfurações ou cortes no manuseamento dos elementos.			X

(Fonte: PSS da empreitada da Escola Superior de Saúde de Aveiro)

Durante o acompanhamento da execução de estacas na empreitada de construção da Escola Superior de Saúde de Aveiro, constatou-se a aplicação no terreno das regras de segurança dispostas no PSS.

Na execução de estacas com recurso a trado contínuo, recorreu-se à utilização de equipamento de grande porte, em condições pouco favoráveis, devido a intensa pluviosidade verificada, encontrando-se o terreno saturado.

Os trabalhadores sensibilizados e informados das medidas preventivas a adoptar antes de iniciarem os trabalhos. Dotados dos equipamentos de protecção individual (EPI), calçado de segurança (com palmilha e biqueira de aço), colete reflector, capacete, luvas (protecção das extremidades dos membros superiores) e protectores auriculares (Figura 35), tendo assinado para o efeito a Ficha de Distribuição de Equipamentos de Protecção Individual (Anexo 10)



Figura 35. Trabalhadores com equipamentos de protecção individual (EPI)

A entrada de equipamentos no estaleiro, era autorizada se os mesmos se encontrassem em perfeitas condições de utilização, pressupondo a realização das revisões e manutenções periódicas previstas no Manual de Utilização/Plano de Manutenção dos equipamentos.

Os equipamentos eram sujeitos a controlo periódico das respectivas condições, através:

- Revisões Periódicas de Manutenção e da Inspeção Geral do Equipamento, com recurso a fichas individuais de controlo de manutenção (Anexo 11).
- Inspeção Geral do Equipamento, para a verificação de qualquer anomalia que fosse detectada, não substituindo em caso algum, as revisões periódicas de manutenção acima referidas. Para esta acção era utilizada a ficha patente no Anexo 12.

O equipamento de perfuração possuía aviso, devidamente visível e legível, no entanto em castelhano, alertando para a proibição de localização de trabalhadores no raio de acção da máquina (Figura 36 e Figura 37).



Figura 36. Sinalização de segurança



Figura 37. Pormenor do aviso em castelhano

Relevante, durante o processo de furação do terreno, a preocupação dos trabalhadores em manterem distância de segurança ao equipamento na altura da rotação para descarga das terras do trado, evitando assim que alguém fosse colhido pela máquina (Figura 38 e Figura 39).



Figura 38. Rotação do equipamento



Figura 39. Remoção das terras do trado

Destaque nesta actividade, a necessidade dos trabalhadores lidarem com as armaduras a introduzir no interior das estacas. Recolhidas do estaleiro de montagem e armazenamento (Figura 40), eram deslocadas para área próxima do local onde

decorriam os trabalhos de execução das estacas. Esta operação era realizada com o recurso a uma grua torre.



Figura 40. Local de montagem e armazenamento das armaduras das estacas

No desenrolar deste trabalho, o risco de perfurações provocadas pelo aço das armaduras e, ou, o esmagamento pelos cabos de aço da grua ou pela própria armadura, consultada a Tabela 15, é médio e alto respectivamente.

Assim sendo, a operação manuseamento de armaduras, quer com o recurso a grua torre, quer na elevação pelo equipamento de perfuração para cravação na estaca, era executada em sintonia e articulação com os operadores dos equipamentos referidos, evitando-se acidentes de trabalho graves.

Para além da boa comunicação com os operadores dos equipamentos de transporte e colocação de cargas, era patente a verificação da boa amarração e das condições de estabilidade no seu transporte.

Os trabalhadores, sem excepção, envolvidos na actividade de execução de estacas, encontravam-se devidamente protegidos de contactos directos com o betão, nomeadamente corpo protegido por vestuário, botas de cano alto nas extremidades inferiores e luvas nas extremidades superiores.

Actividade de alto risco, pois como é propícia ao contacto dos trabalhadores com o betão, pode conduzir ao aparecimento de dermatoses⁵ (Figura 41).



Figura 41. Dermatoses

Após a execução das estacas, era colocada sobre a mesma um painel de contraplacado marítimo (Figura 42), salvaguardando assim quedas de trabalhadores.



Figura 42. Painel de contraplacado marítimo na cabeça da estaca

4.4. Plano de registo de acidentes e índices de sinistralidade

O Plano de Segurança e Saúde (PSS), tem por objectivo evitar ou reduzir o número de incidentes e acidentes de trabalho no estaleiro.

Segundo o PSS da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, o Plano de Registo de Acidentes e Índices de Sinistralidade, permite a avaliação do desempenho da obra em termos de segurança e de saúde, pela determinação dos principais índices de sinistralidade e pela recolha de informações relativas a eventuais acidentes de trabalho que possibilitem uma análise detalhada dos mesmos.

⁵ Dermatose – nome genérico das doenças de pele (Dicionário Universal da Língua Portuguesa – Texto Editora)

Em caso de acidente, a entidade executante teria que enviar comunicação à Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT), no prazo máximo de 24 horas após o acidente ou imediatamente, caso de um acidente grave ou mortal, de acordo com o n.º1 do Artigo 24.º do Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de Outubro [12], recorrendo ao Registo de Acidente de Trabalho (Anexo 13), com todos os dados disponíveis à data do acidente.

Segundo informações da equipa de segurança da empreitada, durante a actividade execução de estacas não houve registo de incidentes ou acidentes de trabalho.

4.5. Estatísticas de acidentes de trabalho apurados pelo GEP⁶ (2000 – 2008)

A informação estatística sobre acidentes de trabalho está enquadrada pelo regime jurídico constante da Lei n.º100/97, de 13 de Setembro [14] e pelo Decreto-Lei n.º143/99, de 30 de Abril [15], que a regulamenta e resulta da recolha, validação e tratamento dos dados constantes das participações remetidas às Companhias de Seguros, referentes ao momento de ocorrência do acidente e dos mapas de encerramento de processo referentes à data de encerramento propriamente dito ou um ano após a ocorrência do acidente, caso este ainda não esteja clinicamente concluído.

A legislação portuguesa engloba os acidentes de trajecto na definição de acidentes de trabalho. Contudo, pelas suas características e atendendo à metodologia do projecto europeu no qual Portugal está integrado, estes acidentes estão excluídos, não sendo objecto do tratamento estatístico aqui apresentado.

A informação estatística dos acidentes de trabalho, no período compreendido entre 2000 e 2008, recorre ao estudo de seis variáveis: “Tipo de local”, “Actividade física específica da vítima”, “Desvio”, “Agente material associado ao desvio”, “Contacto – modalidade da lesão” e “Agente material associado ao contacto” com as quais se pretende descrever melhor os acidentes. Estas variáveis foram classificadas de acordo com tabelas do projecto europeu.

⁶ Ao GEP – Gabinete Estratégia e Planeamento (www.gep.mtss.gov.pt) compete garantir apoio técnico ao planeamento estratégico e operacional e à formulação de políticas internas e internacionais do Ministério da Solidariedade e da Segurança Social

No entanto deverá ser tido em conta o seguinte:

- são abrangidas todas as actividades económicas, excepto os acidentes de trabalho ocorridos com trabalhadores subscritores da Caixa Geral de Aposentações;
- cobre todo o território de Portugal e Estrangeiro (acidentes de trabalho participados às seguradoras com trabalhadores deslocados no estrangeiro);
- os dias de trabalho perdidos para fins estatísticos, são, no limite, 366, i.e., correspondentes a um ano de ausência ao trabalho (em harmonia com os restantes países da UE).

Embora se pretendesse fazer referência às estatísticas de acidentes de trabalho nos últimos 10 anos (2000 a 2010) para a actividade Execução de Estacas, tal não é possível uma vez que os Acidentes de Trabalho apurados pelo Gabinete de Estratégia e Planeamento (GEP), têm por fonte as participações dos acidentes de trabalho feitas pelas empresas às Companhias de Seguros, sendo a consequência mortal aferida não apenas no local de trabalho, como acontece com a Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT), mas no decorrer de um ano após o acidente e na consequência deste. Este facto implica que os dados do ano “n” sejam apenas apresentados no início do ano “n+2”, havendo depois todo o trabalho de apuramento da informação. Assim sendo, a informação referente ao biénio 2009 – 2010 só estará disponível em 2011 e 2012 respectivamente.

4.5.1. Localização geográfica (distrito e estrangeiro)

Na tabela seguinte a distribuição geográfica dos acidentes de trabalho em Portugal continental (por distrito), regiões autónomas e no estrangeiro. Este revela que a maior percentagem de ocorrências (mortais e não mortais), se verifica nos distritos do Porto e Lisboa, com cerca de, respectivamente, 21,8% (467.496) e 17,2% (368.792) do total dos acidentes, logo seguidos do distrito de Aveiro com 11,8% (253.637).

De registar a percentagem elevada de acidentes, com trabalhadores portugueses, no estrangeiro 1% (21.618), comparativamente com Bragança e Portalegre, que registam as percentagens mais baixas, respectivamente, 0,7% (14.258) e 0,7% (14.603) do total dos acidentes.

Tabela 17. Acidentes de trabalho por distrito (mortais e não mortais)

Portugal											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total Anual	234.192	244.936	248.097	237.222	234.109	228.884	237.392	237.409	240.018	2.142.259	
Aveiro	27.456	30.968	30.596	28.520	27.074	25.524	27.620	28.527	27.352	253.637	11,8
Beja	1.217	1.757	1.514	1.271	1.131	920	1.277	1.048	1.487	11.622	0,5
Braga	19.739	21.787	22.759	23.529	21.576	20.651	22.067	22.040	21.634	195.782	9,1
Bragança	1.463	1.465	1.841	1.615	1.517	1.504	1.728	1.657	1.468	14.258	0,7
Castelo Branco	2.992	3.242	3.202	3.073	3.232	3.457	3.256	3.968	3.559	29.981	1,4
Coimbra	8.741	9.567	9.444	9.882	9.929	9.877	9.361	8.916	10.383	86.100	4,0
Évora	3.122	3.752	3.064	3.011	2.867	2.732	2.841	2.453	2.654	26.496	1,2
Faro	5.676	6.715	6.853	6.446	5.889	6.023	7.223	7.570	7.765	60.160	2,8
Guarda	1.931	2.573	2.549	2.385	2.229	2.145	2.421	2.050	1.890	20.173	0,9
Leiria	16.041	19.340	19.066	18.797	18.138	17.806	16.782	17.060	18.096	161.126	7,5
Lisboa	41.476	38.890	42.346	36.926	41.122	40.717	42.306	42.668	42.341	368.792	17,2
Portalegre	1.675	1.853	1.906	1.731	1.438	1.609	1.461	1.440	1.490	14.603	0,7
Porto	53.898	55.392	56.420	53.564	51.339	48.868	50.304	49.541	48.170	467.496	21,8
Santarém	10.526	11.587	11.068	10.257	10.470	10.750	9.970	9.387	10.007	94.022	4,4
Setúbal	12.033	12.207	12.434	10.959	11.317	10.910	12.351	12.453	14.033	108.697	5,1
Viana do Castelo	4.000	4.595	4.759	5.437	5.094	5.449	5.148	5.211	5.123	44.816	2,1
Vila Real	3.205	3.576	3.581	3.786	3.263	3.114	3.590	2.765	3.735	30.615	1,4
Viseu	7.589	7.838	8.615	8.221	7.564	7.266	7.630	7.392	7.809	69.924	3,3
Açores	2.541	2.145	2.111	2.333	2.498	2.463	2.864	2.936	2.977	22.868	1,1
Madeira	4.115	3.513	3.043	3.547	4.077	4.196	4.048	4.136	4.170	34.845	1,6
Estrangeiro	1.674	1.568	750	1.631	2.119	2.666	3.144	4.191	3.875	21.618	1,0
Ignorado	3.082	606	176	301	226	237	-	-	-	4.628	0,2

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

No que diz respeito aos acidentes mortais (Tabela 18), Lisboa e Porto lideram com, respectivamente, 15,6% (433) e 13,8% (383) do total dos acidentes mortais, logo seguidas de Aveiro, com praticamente metade das ocorrências, 7,3% (203), ocupando a terceira posição. O distrito de Braga ocupa a quarta posição no quadro referente ao total de acidentes, no que se refere à sinistralidade mortal ocupa a sexta posição.

Tabela 18. Acidentes de trabalho por distrito (mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total	368	365	357	312	306	300	253	276	231	2.768	
Aveiro	32	25	29	17	25	18	22	22	13	203	7,3
Beja	5	6	10	3	4	6	3	3	5	45	1,6
Braga	21	19	22	16	19	23	14	15	16	165	6,0
Bragança	5	6	5	4	6	5	5	3	5	44	1,6
Castelo Branco	6	6	9	11	3	8	4	6	4	57	2,1
Coimbra	9	11	22	13	12	20	14	17	12	130	4,7
Évora	4	4	13	6	8	5	3	6	3	52	1,9
Faro	11	21	19	8	10	7	12	12	10	110	4,0
Guarda	6	12	8	5	8	5	9	5	2	60	2,2
Leiria	28	23	13	15	27	22	19	22	14	183	6,6
Lisboa	72	61	61	52	41	38	41	39	28	433	15,6
Portalegre	2	3	7	2	3	3	1	0	1	22	0,8
Porto	50	59	44	36	47	43	36	47	21	383	13,8
Santarém	37	21	17	21	19	21	11	16	17	180	6,5
Setúbal	26	27	18	17	13	17	13	13	19	163	5,9
Viana do Castelo	5	6	5	7	10	7	4	7	7	58	2,1
Vila Real	2	8	5	6	9	5	3	2	7	47	1,7
Viseu	15	12	16	19	9	22	8	9	13	123	4,4
Açores	2	9	10	5	4	7	4	6	2	49	1,8
Madeira	5	9	9	18	14	7	8	6	3	79	2,9
Estrangeiro	8	17	15	22	15	11	19	20	29	156	5,6
Ignorado	17	-	-	9	-	-	-	-	-	26	0,9

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

4.5.2. Caracterização por actividade económica

Analisando a tabela seguinte verifica-se, que mais de metade dos acidentes de trabalho participados e registados (56%) ocorreram nos sectores das “Indústrias transformadoras” e na “Construção”. Sendo que o primeiro regista maior número de ocorrências, 729.044 (34%) contra as 470.654 (22%) registadas no sector da “Construção”.

Tabela 19. Acidentes de trabalho por actividade económica (mortais e não mortais)

Portugal											
CAE-Rev. 2 ⁽¹⁾	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total Anual	234.192	244.936	248.097	237.222	234.109	228.884	237.392	237.409	240.018	2.142.259	
A Agricultura, prod. animal, caça e silvicultura	6.953	7.195	7.103	7.218	6.964	6.248	6.714	5.771		60.303	2,8
B Pesca	1.928	1.221	2.044	2.045	2.352	1.857	1.831	1.450	6.137	14.728	0,7
C Indústrias extractivas	2.475	2.948	2.854	2.449	2.328	2.029	1.960	2.100	2.034	21.177	1,0
D Indústrias transformadoras	86.183	92.071	89.560	82.537	75.795	74.593	74.698	77.423	76.184	729.044	34,0
E Prod. distrib. de electricidade, gás e água	1.199	1.214	1.021	1.058	850	1.271	1.141	1.068	3.380	12.202	0,6
F Construção	51.561	56.401	57.083	53.978	53.957	51.538	51.790	47.322	47.024	470.654	22,0
G Com.gros.e retalho;rep veic.,motoc.e bens uso pessoal e dom.	32.095	34.067	36.009	35.171	35.599	34.310	36.916	37.754	37.544	319.465	14,9
H Alojamento e restauração	8.545	8.125	9.087	8.689	10.434	9.896	11.496	11.882	11.893	90.047	4,2
I Transportes, armaz. e comunicações	9.416	9.767	10.395	10.293	9.646	9.430	10.665	10.451	11.491	91.554	4,3
J Actividades financeiras	930	713	721	620	769	713	793	636	728	6.623	0,3
K Actividades imob.,alugueres e serviços prestados às empresas	9.981	10.394	11.878	11.602	13.308	13.559	14.406	16.892	19.992	122.012	5,7
L Adm. pública, defesa e seg. social obrigatória.	4.936	6.695	5.631	5.459	6.293	6.574	7.450	6.339	6.446	55.823	2,6
M Educação	1.416	1.503	1.520	1.475	1.564	1.594	2.125	2.233	2.168	15.598	0,7
N Saúde e acção social	3.991	5.213	5.651	5.814	6.325	7.881	8.629	9.062	10.154	62.720	2,9
O Outras activ. de serviços colectivos, sociais e pessoais	4.258	4.525	4.880	5.022	4.932	4.663	4.756	6.554	4.539	44.129	2,1
P Famílias com empregados domésticos	1.278	932	956	1.055	1.004	877	854	313	119	7.388	0,3
Q Organizações intern. e inst. extra-territoriais	4	32	0	16	10	12	11	0	0	85	0,0
CAE Ignorado	7.043	1.920	1.704	2.721	1.979	1.839	1.157	159	185	18.707	0,9

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.
(1) CAE-Rev. 2.1 a partir de 2004.

No entanto, da leitura da Tabela 20, a actividade “Construção” destaca-se com um número mais elevado de ocorrências mortais, 948 (34,2%) contra 494 (17,8%) registadas nas “Indústrias transformadoras”.

Tabela 20. Acidentes de trabalho por actividade económica (mortais)

Portugal											
CAE-Rev. 2 ⁽¹⁾	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total Anual	368	365	357	312	306	300	253	276	231	2.768	
A Agricultura, prod. animal, caça e silvicultura	25	27	39	22	20	21	23	16	23	216	7,8
B Pesca	8	6	6	3	12	7	15	6		63	2,3
C Indústrias extractivas	9	16	5	8	12	6	3	4	12	75	2,7
D Indústrias transformadoras	78	59	75	52	55	56	43	49	27	494	17,8
E Prod. distrib. de electricidade, gás e água	3	1	4	1	3	1	3	1	3	20	0,7
F Construção	102	139	109	113	110	111	83	103	78	948	34,2
G Com.gros.e retalho;rep veic.,motoc.e bens uso pessoal e dom.	42	32	32	38	27	24	21	36	25	277	10,0
H Alojamento e restauração	9	6	4	4	1	2	5	2	1	34	1,2
I Transportes, armaz. e comunicações	33	32	38	34	38	32	33	29	31	300	10,8
J Actividades financeiras	1	-	-	1	1	-	1	1	1	6	0,2
K Actividades imob.,alugueres e serviços prestados às empresas	16	26	22	17	14	20	12	18	19	164	5,9
L Adm. pública, defesa e seg. social obrigatória.	6	9	6	9	3	11	4	4	6	58	2,1
M Educação	1	-	1	1	1	1	1	1	1	8	0,3
N Saúde e acção social	2	2	1	1	-	1	2	-	1	10	0,4
O Outras activ. de serviços colectivos, sociais e pessoais	4	7	7	3	7	1	3	6	1	39	1,4
P Famílias com empregados domésticos	1	1	3	-	1	3	-	-	1	10	0,4
Q Organizações intern. e inst. extra-territoriais	-	1	-	-	-	-	-	-	0	1	0,0
CAE Ignorado	28	1	5	5	1	3	1	-	1	45	1,6

1) CAE-Rev. 2.1 a partir de 2004. Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

No que diz respeito à sinistralidade medida pelos dias de trabalho perdidos, nas actividades económicas “Indústrias transformadoras” e a “Construção”, são onde se verificam maiores períodos de ausência ao trabalho, respectivamente, 19.214.053 e 15.477.815 dias, correspondendo a mais de metade (55,1 %) dos dias perdidos no período em análise.

4.5.3. Variável local de trabalho

No presente capítulo disponibiliza-se informação da quantidade de acidentes de trabalho por local onde ocorreram, no período compreendido entre 2001 e 2008. A informação referente a 2000 não se encontra disponível.

O local de trabalho, define-se como sendo o local de trabalho onde ocorreu o acidente. Descreve o ambiente em que a pessoa se encontrava a trabalhar, por onde passava, ou, onde estava presente (por razões de trabalho) no momento do acidente.

Consultando a Tabela 21, constata-se que no momento da ocorrência do acidente, a maioria dos indivíduos encontrava-se em “Zona Industrial” (835.045 - 43,8%), sendo que 22,4% dos acidentes ocorreram em “Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto”.

Tabela 21. Acidentes de trabalho por tipo de local (mortais e não mortais)

Portugal											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total (2001-2008)	%
Total	234.192	244.936	248.097	237.222	234.109	228.884	237.392	237.409	240.018	1.908.067	
Zona industrial	n.a.	113.899	112.134	104.521	98.824	98.238	99.261	102.353	105.815	835.045	43,8
Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto	n.a.	55.657	57.566	54.238	55.361	53.767	53.334	48.952	48.551	427.426	22,4
Área de Agricultura, produção animal, piscicultura, zona florestal	n.a.	7.242	6.903	6.986	6.503	6.718	6.902	6.103	5.727	53.084	2,8
Local de actividade terciária, escritório, entretenimento, diversos	n.a.	26.436	27.822	26.872	30.157	29.577	34.848	36.944	38.994	251.650	13,2
Estabelecimento de saúde, clínica, hospital, berçário	n.a.	2.904	3.197	3.213	3.780	5.086	5.451	5.820	6.175	35.626	1,9
Local público	n.a.	16.923	16.534	15.482	15.007	14.065	15.636	14.948	15.371	123.966	6,5
Domicílio	n.a.	2.391	2.260	2.439	2.241	2.162	2.388	1.983	1.769	17.633	0,9
Local de actividade desportiva	n.a.	785	950	962	859	948	947	1.683	1.080	8.214	0,4
No ar, em altura - com exclusão dos estaleiros	n.a.	4.859	6.370	6.621	6.602	5.840	5.257	5.187	5.913	46.649	2,4
Subterrâneo - com exclusão dos estaleiros	n.a.	302	131	121	38	57	102	42	14	807	0,0
Sobre a água - com exclusão dos estaleiros	n.a.	1.664	2.456	2.142	2.369	2.004	2.051	1.647	1.765	16.098	0,8
Em meio hiperbárico - com exclusão dos estaleiros	n.a.	7	29	17	19	32	-	-	7	111	0,0
Outro tipo de local não referido nesta classificação	n.a.	19	8	-	-	6	-	-	3	36	0,0
Nenhuma informação	n.a.	11.848	11.737	13.608	12.349	10.384	11.215	11.747	8.834	91.722	4,8

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

Quando se analisam os acidentes de trabalho mortais (Tabela 22) verifica-se uma elevada percentagem de mortes no local “Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto” (29,4% dos acidentes), praticamente o triplo das mortes verificadas em “Zona Industrial” (10,7%). Destaque para os acidentes mortais ocorridos em “Local Público” (752 - 27,2%), onde estão incluídos os acidentes de viação, isto é, os acidentes na estrada em tempo de trabalho.

Tabela 22. Acidentes de trabalho por tipo de local (mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total Anual	368	365	357	312	306	300	253	276	231	2.768	
Zona industrial	n.a.	39	51	35	42	42	34	27	25	295	10,7
Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto	n.a.	135	97	106	107	100	77	105	87	814	29,4
Área de Agricultura, produção animal, piscicultura, zona florestal	n.a.	30	35	23	10	14	19	10	15	156	5,6
Local de actividade terciária, escritório, entretenimento, diversos	n.a.	13	2	5	3	7	7	8	1	46	1,7
Estabelecimento de saúde , clinica, hospital, berçário	n.a.	1	-	-	1	-	-	-	0	2	0,1
Local público	n.a.	122	106	91	92	97	77	91	76	752	27,2
Domicílio	n.a.	2	3	1	1	2	1	-	0	10	0,4
Local de actividade desportiva	n.a.	-	2	-	-	-	-	-	1	3	0,1
No ar, em altura - com exclusão dos estaleiros	n.a.	5	14	11	28	19	11	23	14	125	4,5
Subterrâneo - com exclusão dos estaleiros	n.a.	-	1	-	-	1	1	2	0	5	0,2
Sobre a água - com exclusão dos estaleiros	n.a.	9	12	3	13	8	16	6	8	75	2,7
Em meio hiperbárico - com exclusão dos estaleiros	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0,0
Outro tipo de local não referido nesta classificação	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,0
Ignorado	n.a.	9	34	37	9	10	10	4	3	116	4,2

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

4.5.4. Variável actividade física específica

Quanto à actividade física específica dos sinistrados no momento em que ocorreram os acidentes, da leitura da Tabela 23 verifica-se que a actividade específica exercida pelos sinistrados era “Trabalhos com ferramentas de mão” (242.055 – 25,6%), em “Movimento” (212.848 – 22,6%), “Transporte manual” de cargas ou objectos (197.566 – 20,9%) e “Manipulação de objectos” (15,3%).

Tabela 23. Acidentes de trabalho por actividade específica (mortais e não mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total (2005-2008)	%
Total Anual	234.192	244.936	248.097	237.222	234.109	228.884	237.392	237.409	240.018	943.703	
Operação de máquinas	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	17.891	19.227	17.441	19.407	73.966	7,8
Trabalho com ferramentas de mão	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	57.259	60.563	60.606	63.627	242.055	25,6
Condução/presença a bordo de meio de transporte - equipamento de movimentação	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6.853	7.116	7.414	8.111	29.494	3,1
Manipulação de objectos	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	36.102	37.088	39.004	32.477	144.671	15,3
Transporte manual	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	46.140	49.136	49.096	53.194	197.566	20,9
Movimento	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	51.725	51.031	54.447	55.645	212.848	22,6
Presença	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.806	1.086	2.421	1.831	7.144	0,8
Outra actividade física especifica não referida nesta classificação	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	89	2	-	6	97	0,0
Nenhuma informação	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	11.019	12.143	6.980	5.720	35.862	3,8

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

Nos acidentes mortais, Tabela 24, verifica-se elevada percentagem de mortes na actividade “Condução/presença a bordo de um meio de transporte – equipamento de movimentação” (313 – 29,5%).

Tabela 24. Acidentes de trabalho por actividade específica (mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total (2005-2008)	%
Total Anual	368	365	357	312	306	300	253	276	231	1.060	
Operação de máquinas	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	16	23	15	14	68	6,4
Trabalho com ferramentas de mão	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	52	40	68	47	207	19,5
Condução / presença a bordo de um meio de transporte - equipamento de movimentação	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	96	77	79	61	313	29,5
Manipulação de objectos	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	19	35	19	27	100	9,4
Transporte manual	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	16	19	19	9	63	5,9
Movimento	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	51	33	41	41	166	15,7
Presença	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	23	7	10	17	57	5,4
Outra actividade física especifica não referida nesta classificação	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	0	0	0,0
Nenhuma informação	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	27	19	25	15	86	8,1

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

4.5.5. Variável desvio

Define-se a variável desvio como sendo o acontecimento que provoca o acidente, é um desvio do processo normal de execução do trabalho. Da Tabela 25 constata-se que mais de 50% dos acidentes ocorreram por “Perda total/parcial de controlo de máquina, meio de transporte – equipamento manuseado, ferramenta manual, objecto, animal” e o “Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão externa)”, sendo respectivamente, 28,7 % e 23,5 % do total de acidentes.

Tabela 25. Acidentes de trabalho por desvio (mortais e não mortais)

Portugal											Total 2001-2008	%
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			
Total Anual	234.192	244.936	248.097	237.222	234.109	228.884	237.392	237.409	240.018		1.908.067	
Problema eléctrico, explosão, incêndio	n.a.	1.163	1.186	967	959	1.004	960	879	893		8.011	0,4
Transbordo, derrubamento, fuga, escoamento, vaporização, emissão	n.a.	24.445	24.780	23.883	24.047	21.637	22.351	22.062	23.620		186.825	9,8
Ruptura, arrombamento, rebentamento, resvalamento, queda, desmoroamento de agente material	n.a.	18.379	14.556	12.348	10.632	11.726	12.087	12.509	10.602		102.839	5,4
Perda, total ou parcial, de controlo de máquina, meio de transporte - equipamento manuseado, ferramenta manual, objecto, animal	n.a.	68.299	73.053	69.815	66.831	65.056	67.520	67.252	69.102		546.928	28,7
Escorregamento ou hesitação com queda de pessoa	n.a.	44.741	45.780	43.130	43.091	39.940	41.428	40.142	40.653		338.905	17,8
Movimento do corpo não sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão externa)	n.a.	29.339	26.460	22.788	22.566	24.663	25.319	23.602	23.040		197.777	10,4
Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão interna)	n.a.	49.467	53.296	52.915	56.663	55.750	56.867	60.955	63.430		449.343	23,5
Surpresa, susto, violência agressão, ameaça, presença	n.a.	1.767	1.556	1.257	1.245	1.269	1.420	1.631	1.690		11.835	0,6
Outro desvio não referido nesta classificação	n.a.	357	445	601	646	767	590	670	775		4.851	0,3
Nenhuma informação	n.a.	6.979	6.985	9.518	7.429	7.072	8.850	7.707	6.213		60.753	3,2

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

As ocorrências desviantes que implicaram mais vítimas mortais, Tabela 26, foram a “Perda total/parcial de controlo de máquina, meio de transporte – equipamento manuseado, ferramenta manual, objecto, animal” com 897 acidentes (37,4%) e o “Escorregamento ou hesitação com queda” com 546 acidentes (22,8%).

Tabela 26. Acidentes de trabalho por desvio (mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total 2001-2008	%
Total Anual	368	365	357	312	306	300	253	276	231	2.400	
Problema eléctrico, explosão, incêndio	n.a.	26	15	15	13	28	12	12	10	131	5,5
Transbordo, derrubamento, fuga, escoamento, vaporização, emissão	n.a.	-	6	11	5	5	2	6	2	37	1,5
Ruptura, arrombamento, rebentamento, resvalamento, queda, desmoronamento de agente material	n.a.	44	40	31	36	31	25	48	35	290	12,1
Perda, total ou parcial, de controlo de máquina, meio de transporte - equipamento manuseado, ferramenta manual, objecto, animal	n.a.	139	102	112	116	115	107	96	110	897	37,4
Escorregamento ou hesitação com queda de pessoa	n.a.	80	94	63	76	54	55	78	46	546	22,8
Movimento do corpo não sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão externa)	n.a.	8	19	11	9	24	20	9	10	110	4,6
Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico (conduzindo geralmente a lesão interna)	n.a.	1	3	3	3	-	-	1	1	12	0,5
Surpresa, susto, violência agressão, ameaça, presença	n.a.	16	5	2	7	11	6	6	10	63	2,6
Outro desvio não referido nesta classificação	n.a.	2	-	7	8	-	-	-	0	17	0,7
Nenhuma informação	n.a.	49	73	57	33	32	26	20	7	297	12,4

Fonte: GEPIMTSS, Acidentes de Trabalho.

4.5.6. Variável contacto – modalidade de lesão

Define-se a variável contacto – modalidade da lesão, como sendo o modo como a vítima foi lesionada fisicamente ou por choque psicológico pelo agente material que provocou essa mesma lesão (o mais grave).

Os contactos geradores directos, mais frequentes, de lesões no sinistrado, foram em simultâneo o “Constrangimento físico do corpo, constrangimento psíquico” e o “Esmagamento em movimento vertical/horizontal sobre/contra objecto imóvel” com, 24,2 % das ocorrências.

De salientar o contacto por “Pancada por objecto em movimento, colisão com”, com 21,6% das ocorrências registadas entre 2001 e 2008 (Tabela 27).

Tabela 27. Acidentes de trabalho por contacto (mortais e não mortais)

Portugal											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total 2001-2008	%
Total Anual	234.192	244.936	248.097	237.222	234.109	228.884	237.392	237.409	240.018	1.908.067	
Contacto com corrente eléctrica, temperatura, substância perigosa.	n.a.	10.184	8.907	8.304	7.890	8.167	8.488	8.123	8.915	68.978	3,6
Afogamento, soterramento, envolvimento	n.a.	159	176	89	61	119	62	39	34	739	0,0
Esmagamento em movimento vertical ou horizontal sobre/contra objectos imóveis	n.a.	53.123	61.142	58.639	59.324	56.188	59.318	57.217	57.198	462.149	24,2
Pancada por objecto em movimento, colisão n.e.	n.a.	56.946	56.575	51.999	49.920	48.754	49.199	49.199	49.081	411.673	21,6
Contacto com agente material cortante, afiado, áspero	n.a.	43.109	39.891	37.600	35.576	34.931	37.097	36.124	37.047	301.375	15,8
Entalão, esmagamento, etc.	n.a.	18.782	17.914	16.252	15.329	15.815	15.381	15.947	16.268	131.688	6,9
Constrangimento físico do corpo, constrangimento psíquico	n.a.	54.228	55.218	53.717	57.308	56.651	58.209	61.842	64.125	461.298	24,2
Mordedura, pontapé, etc. (animal ou humano)	n.a.	1.155	1.296	1.158	1.340	1.330	1.495	1.597	1.483	10.854	0,6
Outro contacto - modalidade da lesão não referida nesta classificação	n.a.	50	28	16	20	88	-	1	0	203	0,0
Nenhuma informação	n.a.	7.200	6.950	9.448	7.341	6.841	8.143	7.320	5.867	59.110	3,1

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

No que diz respeito a acidentes mortais, resultantes de contacto, 37 %, estiveram associados ao “Esmagamento em movimento vertical/horizontal sobre/contra objecto imóvel” e 21,9 % a “Pancada por objecto em movimento, colisão com” (Tabela 28).

Tabela 28. Acidentes de trabalho por contacto (mortais)

Portugal											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total 2001-2008	%
Total Anual	368	365	357	312	306	300	253	276	231	2.400	
Contacto com corrente eléctrica, temperatura, substância perigosa.	n.a.	29	21	12	16	32	14	14	12	150	6,3
Afogamento, soterramento, envolvimento	n.a.	23	13	17	22	14	20	17	19	145	6,0
Esmagamento em movimento vertical ou horizontal sobre/contra objectos imóveis	n.a.	118	114	132	128	111	94	125	67	889	37,0
Pancada por objecto em movimento, colisão n.e.	n.a.	81	74	51	57	66	59	51	86	525	21,9
Contacto com agente material cortante, afiado, áspero	n.a.	3	3	3	5	4	7	3	2	30	1,3
Entalão, esmagamento, etc.	n.a.	37	30	25	30	32	22	30	26	232	9,7
Constrangimento físico do corpo, constrangimento psíquico	n.a.	3	2	1	4	-	-	1	1	12	0,5
Mordedura, pontapé, etc. (animal ou humano)	n.a.	2	2	-	1	6	2	3	4	20	0,8
Outro contacto - modalidade da lesão não referida nesta classificação	n.a.	-	-	7	-	-	-	-	0	7	0,3
Nenhuma informação	n.a.	69	98	64	43	35	35	32	14	390	16,3

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

4.5.7. Variável natureza de lesão

Define-se a variável natureza de lesão como sendo as consequências físicas para o sinistrado, por exemplo, fractura, ferimentos, etc.

Os acidentes de trabalho ocorridos no período em análise, 2000 a 2008, tiveram como consequência “Feridas e lesões superficiais”, 45,2 % (968.790 num total de 2.142.259 sinistrados), ver Tabela 29.

Tabela 29. Acidentes de trabalho por lesão (mortais e não mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total Anual	234.192	244.936	248.097	237.222	234.109	228.884	237.392	237.409	240.018	2.142.259	
Feridas e lesões superficiais	102.212	115.503	113.400	101.030	95.210	91.631	96.739	127.199	125.866	968.790	45,2
Fracturas	14.714	14.932	16.975	10.363	9.680	10.029	10.272	10.220	10.147	107.332	5,0
Deslocações, entorses e distensões	22.471	28.536	29.894	31.643	28.231	32.409	41.653	41.845	42.771	299.453	14,0
Amputações	2.101	2.244	2.424	575	506	592	667	548	517	10.174	0,5
Concussões e lesões internas	24.773	32.787	35.611	38.234	39.789	33.169	26.266	13.839	16.468	260.936	12,2
Queimaduras, escaldadura, congelação	4.704	5.197	4.905	5.181	4.626	4.840	5.135	5.514	5.361	45.463	2,1
Envenenamento (intoxicações), infecções	695	369	731	1.714	2.302	2.701	491	576	443	10.022	0,5
Afogamento e asfixia	353	262	294	91	106	68	75	44	46	1.339	0,1
Efeitos de ruído, vibrações e pressão	-	374	256	12	15	29	34	18	32	770	0,0
Efeitos de temperatura extrema, luz e radiação	204	106	140	120	117	174	128	78	70	1.137	0,1
Choques	3.818	1.111	1.893	2.524	2.387	3.046	3.806	888	757	20.230	0,9
Lesões múltiplas	1.082	1.133	1.527	979	740	1.353	1.205	1.267	778	10.064	0,5
Outras lesões específicas não incluídas noutras rubricas	10.382	20.993	9.443	5.991	6.006	6.261	6.793	7.657	9.534	83.060	3,9
Lesão desconhecida ou não especificada	46.683	21.389	30.604	38.765	44.394	42.582	44.128	27.716	27.228	323.489	15,1

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

Quanto à quantidade de acidentes de trabalho com consequência mortal (Tabela 30) para o sinistrado, surge à frente “Lesão desconhecida ou não especificada” com 24 % dos acidentes, seguida de “Outras lesões específicas não incluídas noutras rubricas” com 21,2 % e “Concussões e lesões internas” com 18,2 %.

Tabela 30. Acidentes de trabalho por lesão (mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total Anual	368	365	357	312	306	300	253	276	231	2.768	
Lesão desconhecida ou não especificada	111	122	181	109	28	20	33	26	33	663	24,0
Feridas e lesões superficiais	29	-	7	10	15	22	3	23	1	110	4,0
Fracturas	19	11	12	18	19	25	23	27	30	184	6,6
Deslocações, entorses e distensões	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	0,1
Amputações	-	1	-	1	-	5	14	12	13	46	1,7
Concussões e lesões internas	24	23	22	67	81	69	75	76	68	505	18,2
Queimaduras, escaldadura, congelação	10	20	8	13	5	28	10	8	5	107	3,9
Envenenamento (intoxicações), infecções	-	-	1	-	3	-	1	4	1	10	0,4
Afogamento e asfixia	11	9	2	7	20	14	23	12	11	109	3,9
Efeitos de ruído, vibrações e pressão	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0,0
Efeitos de temperatura extrema, luz e radiação	1	1	3	-	7	-	-	-	0	12	0,4
Choques	3	-	-	1	8	15	10	4	8	49	1,8
Lesões múltiplas	6	9	11	25	78	77	54	75	48	383	13,8
Outras lesões específicas não incluídas noutras rubricas	154	169	110	61	42	25	7	8	12	588	21,2

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

4.5.8. Variável zona do corpo atingida

Define-se a variável zona do corpo atingida, como sendo a parte do corpo que sofreu a lesão.

Analisando a Tabela 31, verifica-se que 725.954 sinistrados lesionaram-se nas “Extremidades superiores”, a que corresponde 33,9 % do total dos acidentados, e que 468.426 lesionaram-se nas “Extremidades inferiores”, 21,9 % do total dos acidentes.

Com lesões na “Cabeça, não especificado”, surgem 334.982 sinistrados, correspondendo a 15,6 % do total dos acidentados, e 201.104 acidentados com lesões nas “Costas, incluindo espinha e vértebras das costas”, correspondendo a 9,4% do total de acidentes de trabalho.

Tabela 31. Acidentes de trabalho parte do corpo atingida (mortais e não mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total Anual	234.192	244.936	248.097	237.222	234.109	228.884	237.392	237.409	240.018	2.142.259	
Cabeça, não especificado	37.231	40.973	40.457	37.963	35.046	34.665	36.686	36.804	35.157	334.982	15,6
Pescoço, incluindo espinha e vértebras do pescoço	3.667	4.110	2.596	1.970	2.375	1.903	1.937	2.913	2.420	23.891	1,1
Costas, incluindo espinha e vertebras das costas	10.448	15.135	17.858	21.439	22.836	23.741	27.430	31.057	31.160	201.104	9,4
Tórax e órgãos torácicos	13.999	15.379	15.950	10.569	6.572	7.357	8.223	8.056	8.022	94.127	4,4
Extremidades superiores	73.224	84.785	83.975	78.232	73.365	75.501	83.141	86.704	87.027	725.954	33,9
Extremidades inferiores	44.585	52.593	55.988	49.802	47.979	49.430	54.399	56.634	57.016	468.426	21,9
Corpo inteiro e partes múltiplas	2.892	5.615	9.047	20.199	10.256	7.310	10.382	3.253	3.491	72.445	3,4
Outra parte do corpo	2.982	14.218	2.187	2.830	3.097	2.747	2.917	2.944	3.529	37.451	1,7
Ignorado	45.164	12.128	20.039	14.218	32.583	26.230	12.277	9.044	12.196	183.879	8,6

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

Ao nível dos acidentes de trabalho mortais (Tabela 32), 34,6 % foram atingidos no “Corpo inteiro e partes múltiplas”. Com uma percentagem também elevada surgem os acidentes mortais resultantes de lesões na “Cabeça, não especificado”, 16,6 % do total dos sinistrados, logo seguidos com 10,4% os acidentados no “Tórax e órgãos torácicos”.

Tabela 32. Acidentes de trabalho por parte do corpo atingida (mortais)

Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total	%
Total Anual	368	365	357	312	306	300	253	276	231	2.768	
Cabeça, não especificado	44	37	38	42	53	58	74	67	46	459	16,6
Pescoço, incluindo espinha e vértebras do pescoço	6	3	1	2	3	1	2	-	8	26	0,9
Costas, incluindo espinha e vertebras das costas	5	2	3	10	2	5	8	5	12	52	1,9
Tórax e órgãos torácicos	15	24	17	13	38	55	54	32	40	288	10,4
Extremidades superiores	8	1	-	1	5	1	-	2	0	18	0,7
Extremidades inferiores	6	4	4	7	5	5	-	1	2	34	1,2
Corpo inteiro e partes múltiplas	71	65	115	108	147	136	90	140	85	957	34,6
Outra parte do corpo	58	36	19	41	26	26	3	5	4	218	7,9
Ignorado	155	193	160	88	27	13	22	24	34	716	25,9

Fonte: GEP/MTSS, Acidentes de Trabalho.

4.5.9. Notas conclusivas

No período compreendido entre 2000 e 2008, a Construção Civil (designada pela letra F) é a actividade económica, onde se regista o número mais elevado de ocorrências, 948 acidentes mortais dos 2.768 verificados (Figura 43).

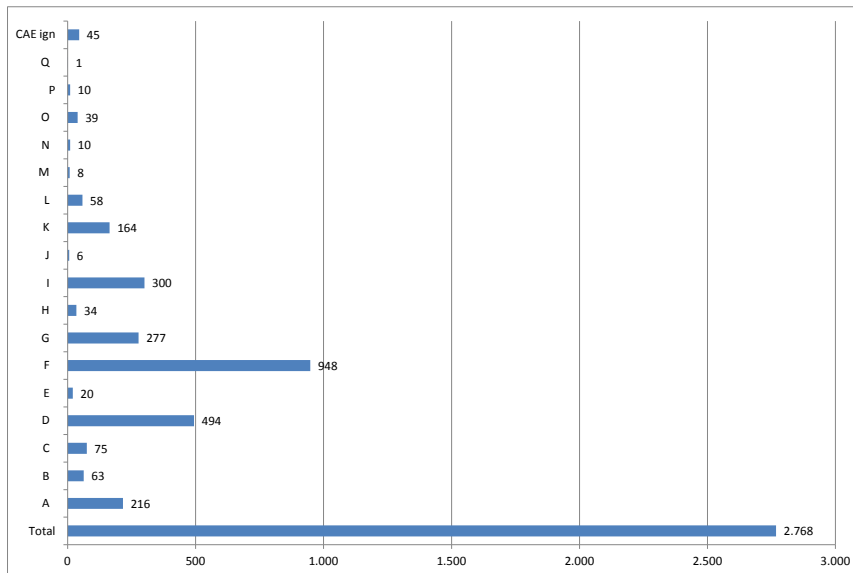


Figura 43. Acidentes de trabalho mortais por actividade económica (2000 - 2008)⁷

No que diz respeito à sinistralidade em Portugal continental (por distrito), regiões autónomas, e no estrangeiro (acidentes de trabalho participados às seguradoras com trabalhadores deslocados no estrangeiro), no período já referido, constata-se que os distritos que registam maior número de ocorrências mortais são Lisboa com 433 acidentes, Porto com 383, logo seguidos de Aveiro com 203 e Braga com 165 (Figura 44).

⁷ Cada letra corresponde a uma actividade económica. O seu significado pode ser consultado na Tabela 9 no subcapítulo 4.5.2

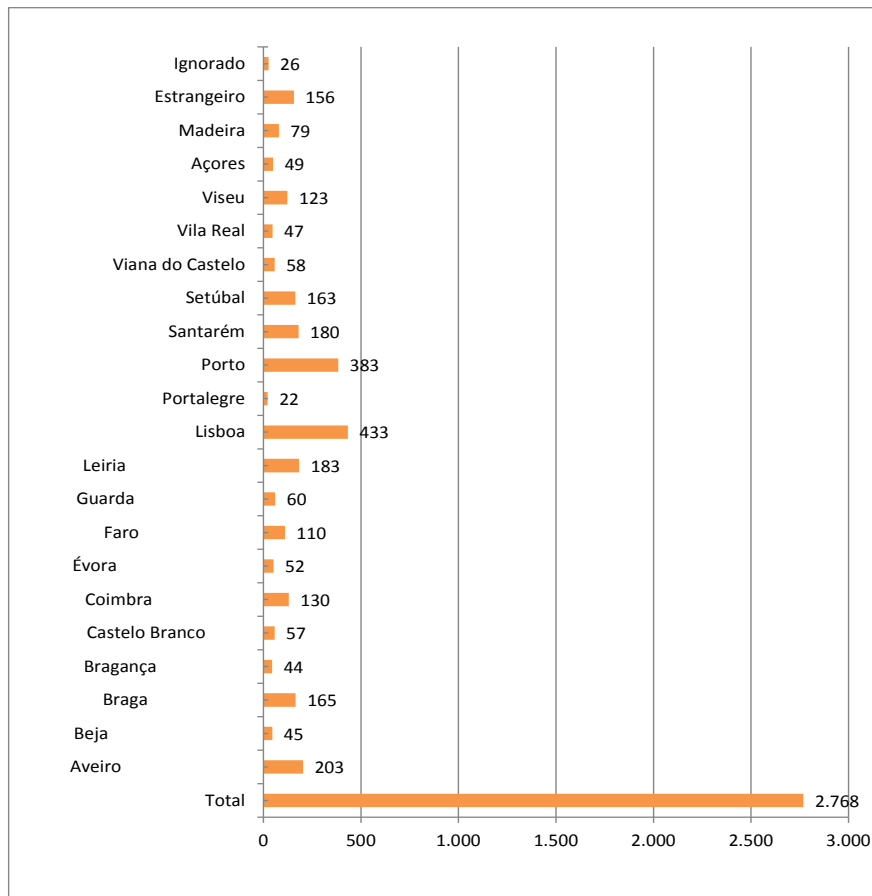


Figura 44. Acidentes de trabalho mortais por localização geográfica (2000 - 2008)

Seria interessante, efectuar-se um cruzamento entre as estatísticas apresentadas e os riscos potenciais no processo de execução de estacas. No entanto, tal não é possível, pois a avaliação do acidente de trabalho é efectuada tendo em conta as variáveis “Tipo de local”, “Actividade física específica da vítima”, “Desvio”, “Agente material associado ao desvio”, “Contacto – modalidade da lesão” e “Agente material associado ao contacto”, e segundo informação prestada pelo Gabinete Estratégia e Planeamento do Ministério da Solidariedade e da Segurança Social, não é tão específica ao ponto de avaliar acidentes de trabalho numa determinada actividade, como por exemplo a execução de estacas com trado contínuo.

5. A ENERGIA GEOTÉRMICA NA CLIMATIZAÇÃO DA ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE DE AVEIRO

5.1. Geotermia

A Geotermia, é uma palavra de origem grega, que deriva de “*geos*” que significa Terra e “*termos*” que significa calor – o calor da Terra, designa a ciência que estuda os fenómenos térmicos do planeta como o conjunto de processos industriais utilizados para explorar esse calor, quer para a produção de electricidade quer para aquecimento.

Os fenómenos térmicos são estudados mediante a aplicação do conceito de grau ou gradiente geotérmico. O grau geotérmico é a variação de temperatura em função da profundidade, expresso em °C/km. O valor do grau geotérmico é, em média para todo o planeta, de 3,3 °C cada 100 m [16].

O grau geotérmico foi determinado por métodos directos na zona mais superficial da crosta terrestre.

Para além do calor interno, a superfície da Terra recebe do Sol, em forma de calor, 2×10^7 J por segundo. Esta energia penetra a escassa profundidade no subsolo, na ordem dos 15 a 20 m, mantendo-o a uma temperatura constante de 16°C [17].

5.2. Energia geotérmica

Recurso renovável e praticamente não poluente, a energia geotérmica apresenta vantagens relativamente a outras fontes de energia renováveis, visto não sofrer da intermitência e inconstância de factores meteorológicos que condicionam, por exemplo, a energia eólica, solar ou hídrica.

A energia geotérmica é a energia armazenada em forma de calor abaixo da superfície sólida da Terra.

5.2.1. Resumo histórico

As regiões vulcânicas sempre exerceram especial atracção para os seres humanos devido à existência de fumarolas e de fontes termais, pois utilizavam-nas como aquecimento, para cozinhar os seus alimentos ou simplesmente para se banharem.

Há evidências arqueológicas da utilização da energia geotérmica por gregos e romanos que a utilizaram para dela obterem calor.

O primeiro sistema de distribuição de calor urbano foi construído em Chaudes-Aigues (França) no séc. XIV estando ainda em actividade.

Em 1904 produziu-se pela primeira vez electricidade a partir do vapor geotérmico em Larderello (Itália).

A primeira rede urbana de aquecimento alimentada por energia geotérmica foi instalada em Reikjavik⁸, Islândia, em 1930. A primeira instalação com bomba de calor geotérmica numa habitação unifamiliar, entrou em funcionamento em 1945 em Indianópolis nos Estados Unidos da América.

A partir da década de setenta do século XX iniciou-se, em diversas zonas do mundo, uma intensa actividade de exploração e investigação de recursos geotérmicos para produção de energia eléctrica, para aquecimento e produção de águas quentes.

No princípio do século XXI, a capacidade geotérmico-eléctrica instalada a nível mundial era de 8.000 MW_e, passando a 9.000 MW_e em 2005. No que diz respeito a usos não eléctricos da energia geotérmica, no ano de 2000 a capacidade instalada em 59 países era de aproximadamente 15.000 MW_t. Em 2005, a capacidade instalada em 72 países ascendia aproximadamente a 28.000 MW_t, dos quais 15.000 MW_t correspondiam ao uso de bombas de calor geotérmicas.

⁸ Capital da Islândia, onde 95% das habitações são aquecidas por este processo, sendo por isso considerada uma das cidades menos poluída do mundo.

5.2.2. Aproveitamento da energia geotérmica

As aplicações que se podem dar a um fluido geotérmico dependem do seu calor, ou, o que é o mesmo, da sua entalpia.

Entalpia é a quantidade de energia térmica que um fluido, ou um objecto, pode transmitir ao exterior, Expressa-se em kJ/kg ou em kcal/kg [18].

A energia geotérmica é usada actualmente para vários fins, entre ao quais se destacam a produção de energia eléctrica, quando a temperatura excede o limiar (entre 90 e 150°C) e em processos de aquecimento e outros aproveitamentos industriais de menor expressão quando a temperatura é inferior a aquele limiar.

O aproveitamento da energia geotérmica implica a existência de um fluido, normalmente a água, que transporte o calor do interior da terra para a superfície. As águas das chuvas infiltram-se através de linhas de falhas e fracturas geológicas e aquecem ao entrar em contacto com as rochas quentes. Algumas destas águas sobreaquecidas sobem novamente à superfície, sob a forma de nascentes quentes ou, por vezes, géisers. Noutros casos, a água quente fica presa em reservatórios geotérmicos naturais, abaixo da superfície terrestre. Para aproveitar a energia, abrem-se furos desde a superfície até aos reservatórios geotérmicos.

Com a crescente preocupação energética dos últimos anos, muito se tem investido no aproveitamento de recursos e no desenvolvimento da tecnologia, de forma a torná-la mais eficiente. Neste contexto, a utilização da energia proveniente do interior da Terra, parece ser uma opção óbvia e a tecnologia associada aos processos tem também vindo a evoluir.

Actualmente a geotermia tem alargado os seus domínios com a utilização de bombas de calor, no caso das utilizações directas, e com a utilização de ciclos binários, no caso da produção de energia eléctrica.

Na Figura 45 as zonas no globo terrestre com maiores possibilidades de encontrar recursos geotérmicos [18].

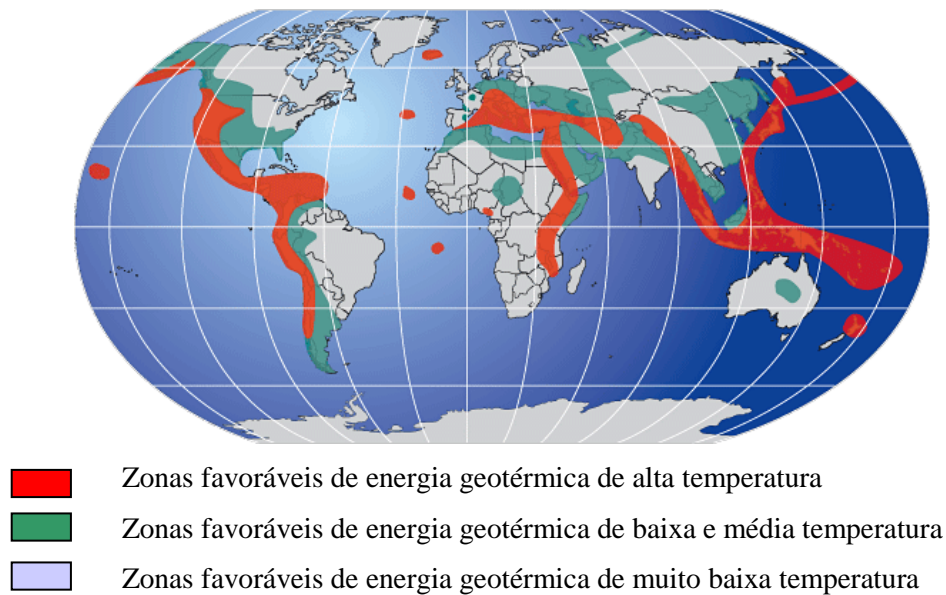


Figura 45. Recursos geotérmicos mundiais

(Fonte: página *Geothermie-Perspectives de l'ADEME et du BRGM*)

Na figura seguinte podemos apreciar a distribuição mundial dos principais países produtores de energia eléctrica de origem geotérmica no ano de 2000 [18].

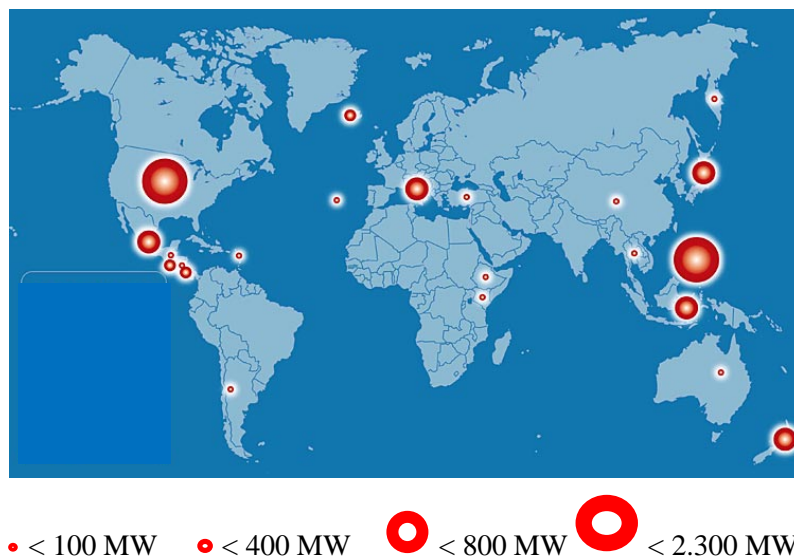


Figura 46. Produtores energia eléctrica geotérmica (potência instalada em 2000)

(Fonte: página *Geothermie-Perspectives de l'ADEME et du BRGM*)

A última estimativa (2002), da capacidade mundial instalada em energia geotérmica foi de 8.000 MWe correspondendo a uma produção de energia eléctrica de 50.000

GWhe/ano proporcionando uma economia de 12,5 milhões de toneladas de petróleo por ano.

Na figura seguinte pode-se apreciar a distribuição mundial dos países que aproveitavam a energia geotérmica para usos directos do calor, no ano de 2000.

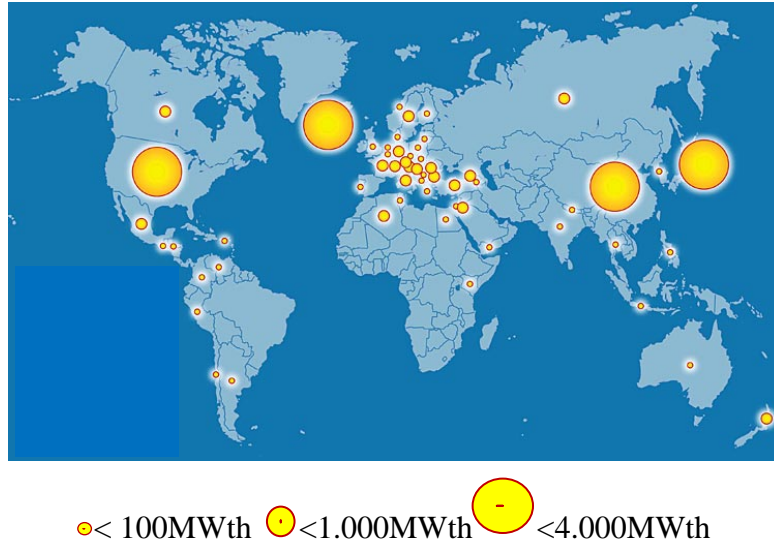


Figura 47. Produtores de calor geotérmico (potência instalada em 2000)

(Fonte: página *Geothermie-Perspectives de l'ADEME et du BRGM*)

Em 2002, o uso directo da energia geotérmica (calor), a nível mundial, foi estimado em 15.200 MWt proporcionando 53 mil GWht nesse ano, o que corresponde a uma poupança no consumo de 15,5 Milhões de toneladas de petróleo por ano.

5.2.3. Capacidade nacional instalada de energia geotérmica

Em Portugal Continental existem apenas situações de baixa entalpia que estão relacionadas com a balneoterapia com temperaturas entre os 20 e os 76 °C, como os que existem em Chaves e S. Pedro do Sul.

No arquipélago dos Açores, na ilha de S. Miguel, nas situações de alta entalpia (> 150 °C), encontram-se instaladas centrais geotérmicas que asseguram a produção de cerca de 40 % da electricidade consumida na ilha.

5.3. Recursos geotérmicos

Os recursos geotérmicos podem ser classificados conforme diferentes critérios: o contexto geológico, o nível de temperatura, o modo de exploração e o tipo de utilização.

Sendo o nível de temperatura a classificação mais comum, existem quatro (4) tipos de recursos:

- Recursos de muito baixa temperatura: menos de 30 °C;
- Recursos de baixa temperatura: entre 30 e 90 °C;
- Recursos de média temperatura: entre 90 e 150 °C;
- Recursos de alta temperatura: superior a 150 °C.

No âmbito desta dissertação será desenvolvido o recurso de muito baixa temperatura, uma vez que se trata do recurso utilizado no sistema de climatização da Escola de Saúde da Universidade de Aveiro.

No entanto, deixa-se aqui um breve apontamento sobre os restantes recursos geotérmicos:

- Recurso de baixa temperatura (30 – 90 °C) – pode-se encontrar em bacias sedimentares nas quais o gradiente geotérmico é o normal ou ligeiramente superior. A única condição geológica requerida é a existência a profundidades adequadas, entre 1.500 e 2.500 m.
- Recurso de média temperatura (90 – 150 °C), encontram-se em numerosos lugares do planeta: em bacias sedimentares, como as de baixa temperatura, mas a profundidades compreendidas entre 2.000 e 4.000 m;
- Recurso de alta temperatura (> 150 °C), encontra-se em zonas geográficas com gradiente geotérmico extraordinariamente elevado, até 30 °C cada 100 m. São exploradas a profundidades compreendidas entre 1.500 e 3.000 m.

5.3.1. Recursos de muito baixa temperatura (menos de 30°C)

Na superfície do planeta pode-se captar e aproveitar o calor armazenado nas camadas superficiais do subsolo, a poucos metros de profundidade, ou em aquíferos pouco profundos, para climatização por intermédio de bombas de calor geotérmico.

Entre os 15 e os 20 m de profundidade da crosta terrestre, a temperatura mantém-se constante, na ordem dos 16°C. Quem já entrou em caves ou adegas sabe que, em pleno Verão, estas se encontram frescas, mas no Inverno a temperatura no interior destas é amena. É esta temperatura constante que o sistema geotérmico, com recurso a bombas de calor, irá retirar e converter em calor para o aquecimento central, com baixo consumo de electricidade [18].

No Inverno é mais eficiente conseguir a temperatura confortável de 20°C numa habitação, partindo dos 16 °C do subsolo, do que partindo da temperatura a que está o ar, por vezes inferior a 10°C. No Verão, estas bombas funcionam como refrigeradores, tirando partido do facto de haver muito maior eficiência energética em manter os confortáveis 25°C partindo dos 16°C do subsolo, do que partindo dos 30°C ou superior, a que está o ar no exterior⁹.

São conhecidas quatro formas de captação para aproveitamento deste tipo de recurso:

- Captação horizontal com colectores enterrados;
- Captação vertical com recurso a sondas geotérmicas;
- Captação em lençol freático;
- Captação com recursos a estruturas termo - activas.

5.3.1.1. Captação horizontal com colectores enterrados

Recorrendo a espessuras de solo na ordem dos 60 a 80 cm, é possível enterrar colectores horizontais, constituídos por tubos de polietileno de 25 a 40 mm de diâmetro, através dos quais circula água com anticongelante que, ligados a uma bomba de calor geotérmica, podem satisfazer as necessidades de aquecimento de uma habitação unifamiliar.

⁹Condições ambientes de conforto de referência, 20°C no Inverno e 25°C no Verão [alínea a) do Artigo 14.º - Condições interiores de referência, do Decreto-lei n.º 80/2006, de 4 de Abril] [19].

Devido à escassa profundidade a que estão enterradas os colectores, o clima têm uma influência extraordinária nesta modalidade de exploração. O terreno passa a ser um acumulador de energia solar. A energia geotérmica propriamente dita tem aqui um papel secundário.

5.3.1.2. Captação vertical com recurso a sondas geotérmicas

Se a área disponível para enterrar os colectores horizontais é insuficiente, se existirem outros serviços no subsolo, ou se a potência energética é superior aquela que os colectores horizontais podem fornecer, utilizam-se colectores na posição vertical (Figura 48), no interior de furos de sondagem com diâmetros que variam entre os 10 e os 15 cm, a profundidades de 20 m até mais de 100 metros. São tubos em polietileno instalados no interior dos furos, nos quais circula água com anticongelante. O princípio consiste em recuperar o calor em profundidade com a sonda geotérmica.

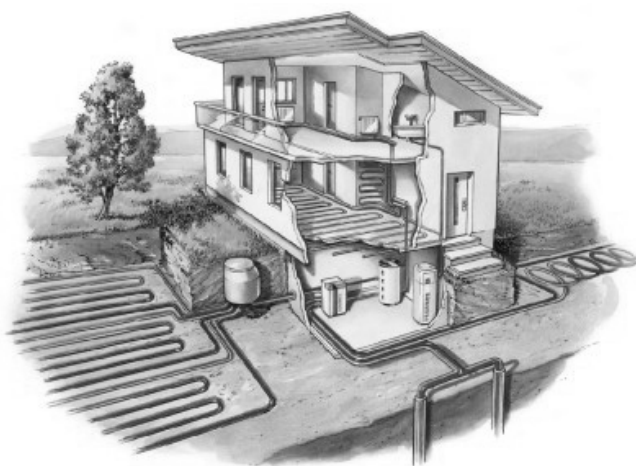


Figura 48. Captação horizontal e vertical

(Fonte: Plurienergia – Energia Solar e Eficiência Energética, Lda)

Na necessidade de maiores potências para aquecimento de grupos de habitações ou edifícios de grandes dimensões, recorre-se ao emprego de campos de sondas geotérmicas, localizadas o mais próximo possível das edificações.

5.3.1.3. Captação em lençol freático

A captação é executada mediante a introdução da sonda de produção, a montante do lençol freático num furo cuja profundidade depende da cota de localização do lençol. Uma bomba submersa, bombeia a água até à bomba de calor geotérmica. Esta capta a energia contida, não no solo como na captação horizontal ou vertical, mas na água do

lençol freático que se mantém a uma temperatura constante todo o ano (de 9° a 12°C ou mais consoante a região). Uma vez extraída a sua energia, a água é devolvida a jusante do nível freático num poço ou então numa linha de água por exemplo.

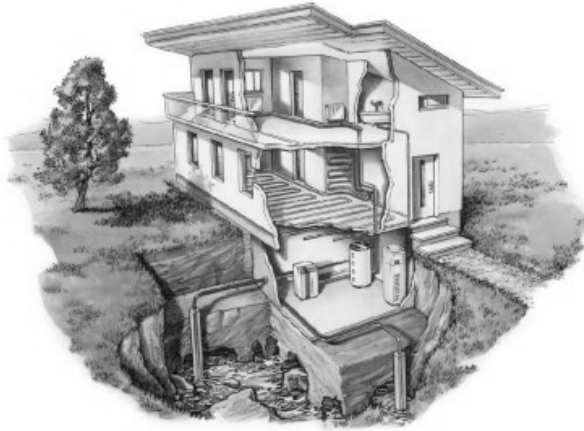


Figura 49. Captação em lençol freático

(Fonte: Plurienergia – Energia Solar e Eficiência Energética, Lda)

5.3.1.3.1. Captação com recurso a estruturas termo - activas

Recorrendo a fundações indirectas (estacas de betão armado) ou com recurso a paredes de betão armado moldadas no terreno e túneis, criam-se condições propícias para o intercâmbio de energia geotérmica de muito baixa temperatura com o terreno, a profundidades compreendidas entre 10 e 40 m (Figura 50 e Figura 51).

Basta introduzir no interior da estrutura a executar (fixados na armadura), tubos de polietileno através dos quais circulará água com anticongelante, e liga-los a um circuito fechado com uma bomba de calor geotérmica.

No início da exploração deste recurso, finais dos anos setenta e princípio da década de oitenta do século XX, esta tecnologia empregava-se em habitações unifamiliares e colectivas, mas actualmente é também utilizada para climatizar edifícios de grandes dimensões.

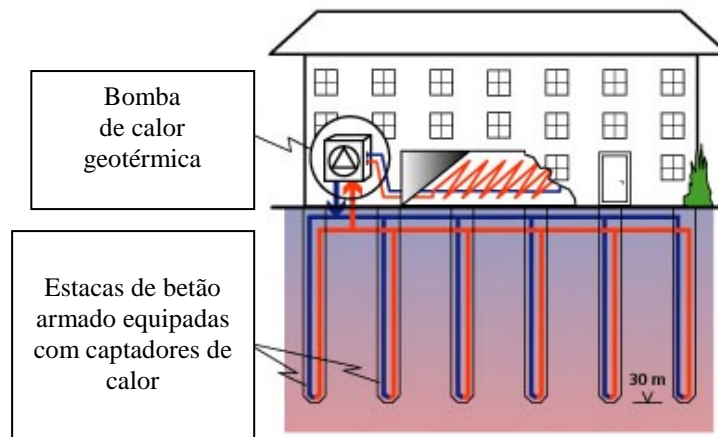


Figura 50. Sistema de estacas captadoras de energia geotérmica
(Fonte: *Infos-Géothermie n.º 1. Suisseénergie, 2001*)

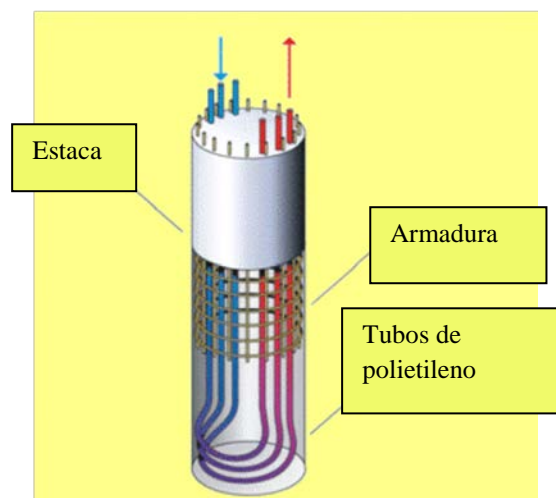


Figura 51. Tubos captadores de calor geotérmico numa estaca de betão armado
(Fonte: *Infos-Géothermie n.º 1. Suisseénergie, 2001*)

Para implementar uma instalação deste tipo é necessária a elaboração de estudos prévios e daí a necessidade de conhecer de antemão:

- As características geotécnicas dos estratos do subsolo em que se irão realizar as estruturas de betão armado;
- Cota do lençol freático, oscilações anuais, direcção e velocidade do fluxo;
- Característica do terreno para se definir o potencial geotérmico: capacidade térmica volumétrica, condutividade térmica e permeabilidade;
- Existência de construções subterrâneas que alteram o percursos das águas;

- Temperatura máxima, mínima e média anual do subsolo;
- Distribuição mensal e semanal do consumo de energia na climatização, bem assim como os rendimentos de ponta.

Na Tabela 33 as características de terrenos, em formações brandas, que se podem encontrar na construção de estacas.

Tabela 33. Variação das principais características dos solos mais comuns

Solo	Permeabilidade (m/s)	Condutividade térmica (W/mK)		Capacidade térmica volumétrica (MJ/m ³ K)	
		Seco	Saturado	Seco	Saturado
Argila	$10^{-8} - 10^{-10}$	0,2 – 0,3	1,1 – 1,6	0,3 – 0,6	2,1 – 3,2
Lodo	$10^{-5} - 10^{-8}$	0,2 – 0,3	1,2 – 2,5	0,6 – 1,0	2,1 – 2,4
Areia	$10^{-3} - 10^{-4}$	0,3 – 0,4	1,7 – 3,2	1,0 – 1,3	2,2 – 2,4
Cascalho	$10^{-1} - 10^{-3}$	0,3 – 0,4	1,8 – 3,3	1,2 – 1,6	2,2 – 2,4

(Fonte: Paud, D. *Geothermal energy and heat storage*. 2002)

Como se pode verificar da tabela, os valores da condutividade térmica e da capacidade térmica volumétrica são muito mais elevados em presença de água subterrânea.

A capacidade de um conjunto de estacas para armazenar energia térmica, depende directamente da velocidade do fluxo do lençol freático. Basta uma velocidade de 0,5 a 1 metro por dia para que se dissipe a energia transferida para as estacas e se impeça o seu armazenamento [18].

5.3.1.4. O exemplo da Escola Superior de Saúde de Aveiro

Face às características favoráveis da região de Aveiro (Figura 52), e aos benefícios que se podem obter no uso de um sistema de climatização recorrendo à geotermia, foi implementada esta tecnologia nas futuras instalações da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro.

A metodologia e tecnologia a utilizar são inéditas em Portugal, apesar de sobejamente utilizadas nos países do norte da Europa.

Recorrendo da solução estrutural das fundações dos edifícios que constituem a escola, fundações indirectas (estacas de betão armado), decidiu-se pelo aproveitamento das temperaturas constantes a que se encontra o subsolo para climatização da escola.

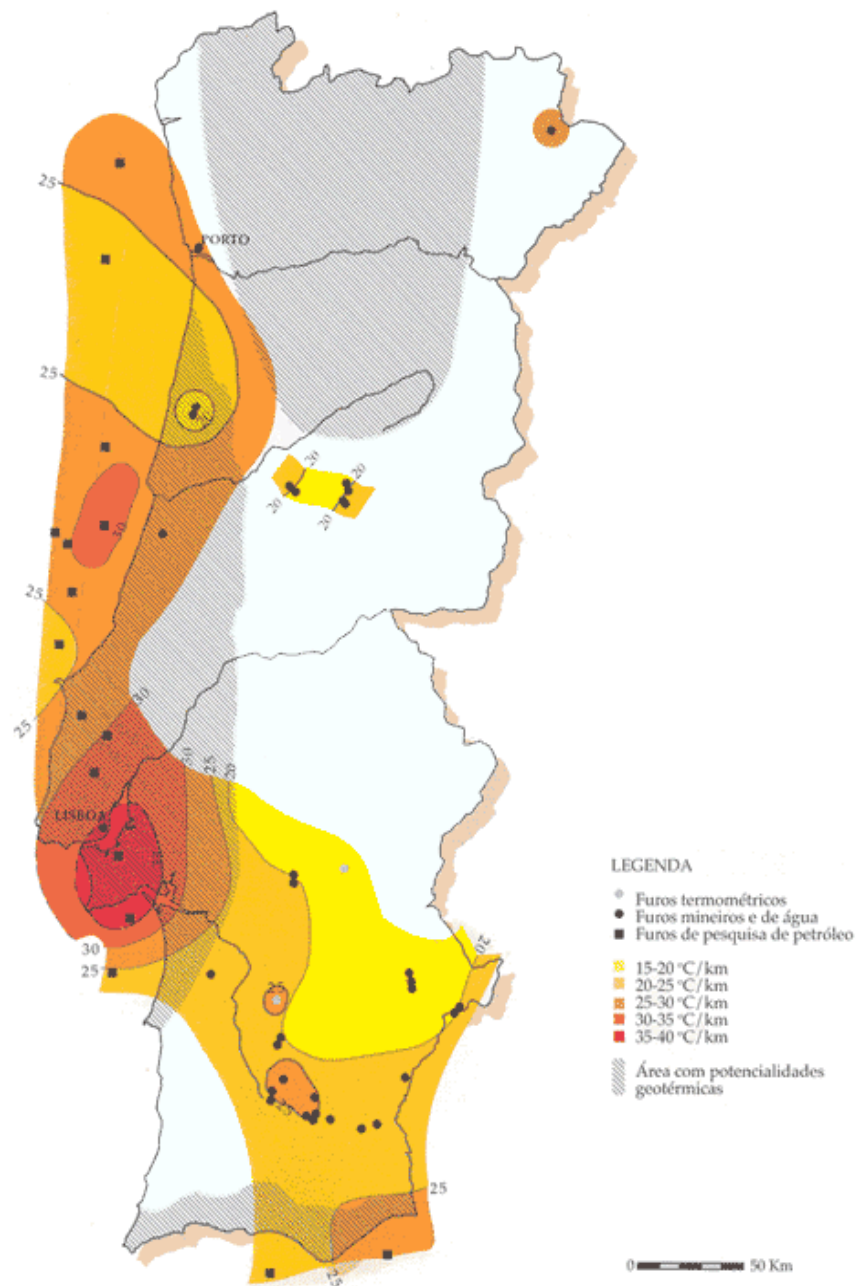


Figura 52. Áreas com potencialidade geotérmica em Portugal Continental
(Fonte: Recursos geotérmicos em Portugal Continental – Baixa Entalpia – Ministério da Economia – Instituto Geológico e Mineiro)

Nas armaduras de 158 estacas, foram introduzidos tubos condutores fabricados em PE-Xa com um diâmetro de 25 mm (Figura 53). Os tubos condutores de PE-Xa conferem maior resistência à corrosão e abrasão, em simultâneo permitem elevado desempenho

hidráulico. Resistente até aos 95°C e a uma pressão que pode chegar aos 10 bar, este sistema é compatível com sistemas de baixa temperatura usados em caldeiras de condensação e fontes de calor geotérmicas.



Figura 53. Armaduras dotadas de tubo PE-Xa

Toda esta tubagem é conduzida a um local definido dos edifícios, onde serão ligados a bombas de calor do sistema de climatização (Figura 54).



Figura 54. Ponto de chegada da tubagem

Em complemento e para reforço desta forma de energia, instalaram-se 23 pontos de captação de calor geotérmico a 150 m de profundidade (Figura 55).



Figura 55. Captação a 150 m de profundidade

6. CONCLUSÕES

Julga-se que o objectivo principal da presente dissertação foi alcançado, o acompanhamento e registo de um caso prático de execução de estacas.

De uma forma simples e directa, elaborou-se um documento, com registo fotográfico, com a descrição das fases que constituem o processo construtivo de estacas de betão armado com o recurso a trado contínuo.

Do presente trabalho, ressalva-se a importância dos estudos geológico – geotécnicos, para identificação da estratigrafia e características de resistência e deformabilidade dos materiais associados ao ambiente geológico onde se pretende implantar uma obra, para adopção da melhor solução para as fundações.

A prospecção geotécnica é também importante no conhecimento de outras características do subsolo, como por exemplo cota do lençol freático, oscilações anuais, direcção e velocidade do fluxo, capacidade térmica volumétrica, condutividade térmica e permeabilidade, para o estudo de implementação de um sistema de climatização recorrendo ao aproveitamento de energia geotérmica de baixa entalpia.

De salientar, que durante a execução das estacas não houve registo de ocorrência de acidentes trabalho mortais ou não mortais. Deste facto, podemos concluir que actualmente o nível de exigência na aplicação dos Planos de Segurança e Saúde nas empreitadas de construção civil é elevado e também existe da parte dos trabalhadores e das fiscalizações uma maior consciencialização no respeito e cumprimento efectivo das normas de segurança.

Por último, e não menos importante, o aproveitamento das estacas para a captação de energia geotérmica de baixa entalpia, para a climatização da Escola Superior de Saúde, que poderia ter valorizado mais o presente trabalho, caso tivesse havido das entidades intervenientes na empreitada, uma maior abertura no acesso a dados relacionados com o aproveitamento deste tipo de recurso energético.

Para trabalho futuro, seria de todo pertinente o estudo dos ganhos efectivos de poupança energética na adopção da energia geotérmica na climatização da Escola Superior de Saúde.

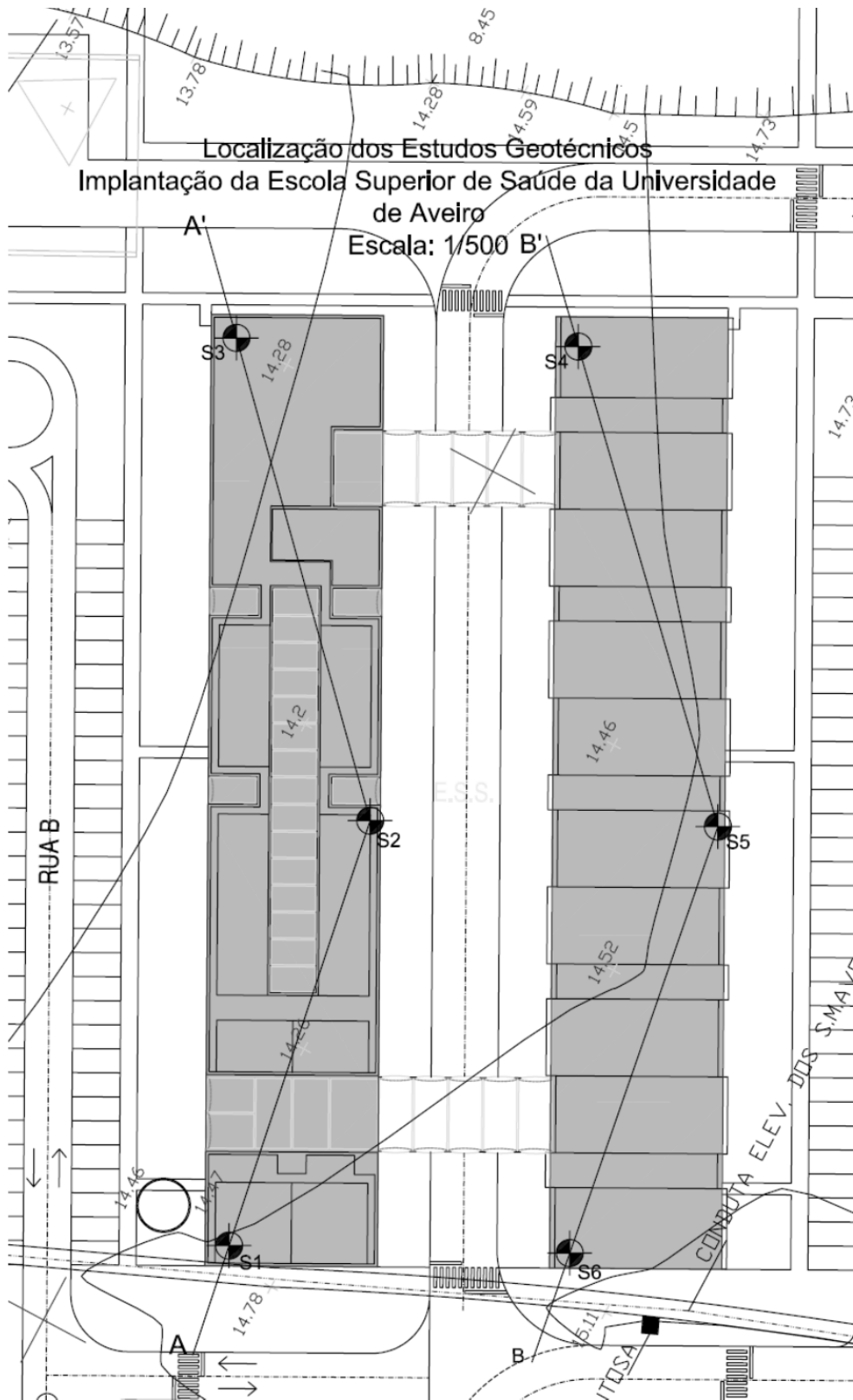
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Shamsheer Prakash, H.D.S. *Pile Foundation in Engineering Practice*. 1990 [27 de Outubro de 2010]; Available from: www.bergfiles.com.
- [2] Coelho, Silvério, *Tecnologia das Fundações*. 1996: Escola Profissional Gustave Eiffel.
- [3] Costa Miranda, M. e .G.M., João, *Fundações e Contenção Lateral de Solos - Execução de Estacas*. 1ª Edição ed. 2006: UFP.
- [4] *Fundações em Terrenos não Rochosos*. 1985: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- [5] Frango Francisco, R.F., *Caracterização Técnico-Económica dos Diferentes Tipos de Fundações Profundas*. 2007: Instituto Superior Técnico.
- [6] Gabinete de Serviços Geotécnicos, Lda, *Relatório Geotécnico - Implantação da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro*. 2006: S. João da Madeira.
- [7] NP ENV1997-1 de Maio de 1999 (Eurocódigo 7) - Projecto geotécnico - Parte 1: Regras gerais
- [8] *Estacas sob acções verticais - Importância do controlo de qualidade* - Prof. Jaime Santos (IST) - Outubro 2002
- [9] Decreto-Lei n.º 349-C/83, de 30 de Julho – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado
- [10] Penteado, Maria de Lurdes e Brito, Jorge de - *Técnicas Actuais e Inovadoras na Monitorização e Controlo de Qualidade de Estacas de Betão*, Universidade do Minho, 2009.
- [11] CÊGÊ - Geologia, Geotecnia, Instrumentação e Monitorização Geotécnica, *Ensaio Sónicos de Integridade de Estacas - Nota Técnica n.º 1*. 2011: Algés.
- CÊGÊ - Geologia, Geotecnia, Instrumentação e Monitorização Geotécnica, *Ensaio Sónicos de Integridade de Estacas - Nota Técnica n.º 2*. 2011: Algés.
- [12] Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro - Condições de segurança no trabalho desenvolvido em estaleiros temporários ou móveis
- [13] Plano de Segurança e Saúde da empreitada de construção da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro.
- [14] Lei n.º 100/97, de 13/09 - Regime jurídico que regulamenta a informação estatística sobre acidentes de trabalho.

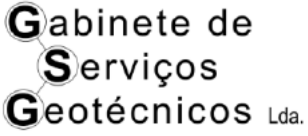


- [15] Decreto-Lei n.º143/99, de 30 de Abril - Regulamenta a Lei n.º 100/97, de 13/09, em matéria de reparação dos danos emergentes de acidentes de trabalho
- [16] Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura - Editorial Verbo - Lisboa 1969
- [17] *Energia geotérmica* - Maria do Rosário Costa Pereira e Hugo Jaime Novais - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - Vila Real. 2003
- [18] *Guia de la Energia Geotérmica* – Guillermo LLOPIS TRILLO e Vicente RODRIGO ANGULO – Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid
- [19] Decreto-lei n.º 80/2006, de 4 de Abril - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)

8. ANEXOS

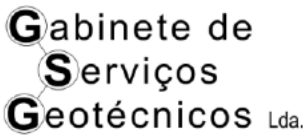
Anexo 1. Localização dos estudos geotécnicos

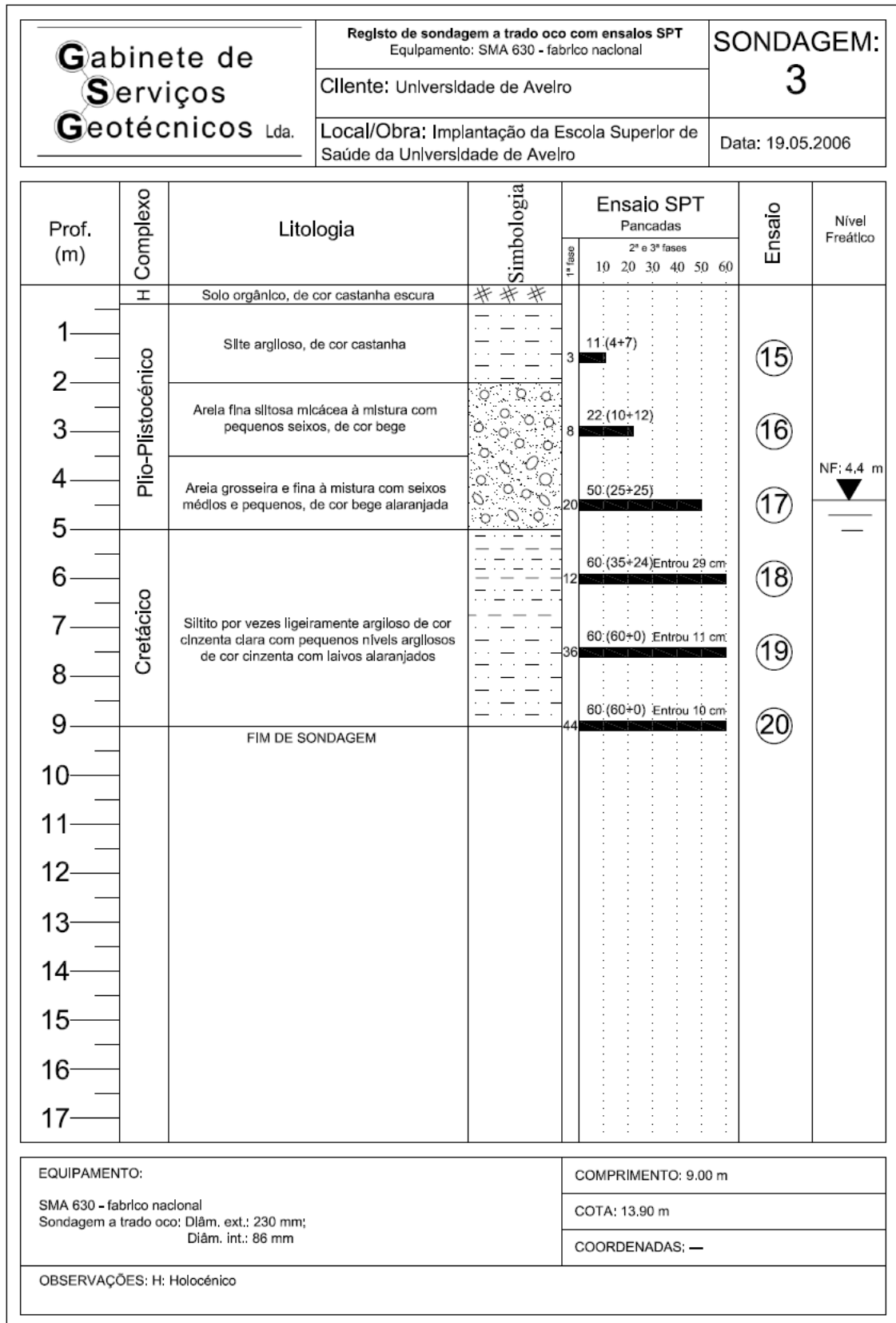


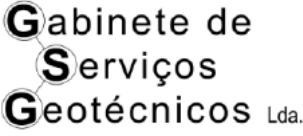
Anexo 2. Sondagens SPT

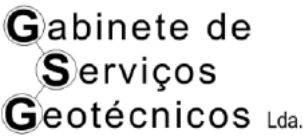
		Registo de sondagem a trado oco com ensaios SPT Equipamento: SMA 630 - fabrico nacional			SONDAGEM: 1									
		Cliente: Universidade de Aveiro												
		Local/Obra: Implantação da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro			Data: 18.05.2006									
Prof. (m)	Complexo	Litologia	Simbologia	Ensaio SPT					Ensaio	Nível Freático				
				Pancadas										
				1ª fase	2ª e 3ª fases									
					10	20	30	40	50	60				
1	H	Solo orgânico, de cor castanha escura	### ### ###											
2	Plio-Plistocénico	Silte argiloso, de cor castanha	--- --- ---		8 (3+5)						①			
3		Areia grossa e fina à mistura com seixos médios e pequenos, de cor amarelada e branca		22 (12+10)							②			
4				60 (26+34) Entrou 28 cm								③	NF: 4,7 m	
5				44 (24+20)									④	
6	Cretácico	Siltito de cor cinzenta clara com pequenos níveis argilosos de cor vermelha		60 (32+28) Entrou 24 cm							⑤			
7				60 (60+0) Entrou 12 cm								⑥		
8													⑦	
9														
10		FIM DE SONDAGEM												
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														

EQUIPAMENTO:		COMPRIMENTO: 10.00 m
SMA 630 - fabrico nacional		COTA: 14.50 m
Sondagem a trado oco; Diâm. ext.: 230 mm;		COORDENADAS: -
Diâm. int.: 86 mm		
OBSERVAÇÕES: H: Holocénico		

		Registo de sondagem a trado oco com ensaios SPT Equipamento: SMA 630 - fabrico nacional			SONDAGEM: 2												
		Cliente: Universidade de Aveiro															
		Local/Obra: Implantação da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro			Data: 19.05.2006												
Prof. (m)	Complexo	Litologia	Simbologia	Ensaio SPT						Ensaio	Nível Freático						
				Pancadas													
				1ª fase	2ª e 3ª fases												
					10	20	30	40	50	60							
1	H	Solo orgânico, de cor castanha escura	###														
2	Plio-Plistocénico	Silte argiloso, de cor castanha	---								5 (2+3)	8					
3		Silte argiloso com alguma areia, de cor castanha por vezes com laivos vermelhos	---										28 (6+22)	9			
4		Areia grossa e fina à mistura com seixos médios e pequenos, de cor amarelada e branca		o										60: (33+27) Entrou 25 cm	10		
5																	
6																	
7	Cretácico	Siltito por vezes ligeiramente argiloso de cor cinzenta esverdeada a clara com nível argiloso de cor cinzenta	---														
8																	
9																	
10																	
11		FIM DE SONDAGEM															
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
EQUIPAMENTO:				COMPRIMENTO: 10.00 m													
SMA 630 - fabrico nacional				COTA: 14.20 m													
Sondagem a trado oco: Diâm. ext.: 230 mm; Diâm. Int.: 86 mm				COORDENADAS: -													
OBSERVAÇÕES: H: Holocénico																	

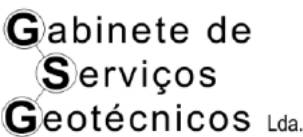


		Registo de sondagem a trado oco com ensaios SPT Equipamento: SMA 630 - fabrico nacional		SONDAGEM: 4										
		Cliente: Unverslidade de Avelro												
		Local/Obra: Implantação da Escola Superior de Saúde da Unverslidade de Avelro		Data: 18.05.2006										
Prof. (m)	Complexo	Litologia	Simbologia	Ensaio SPT						Ensaio	Nível Freático			
				Pancadas										
				1ª fase	2ª e 3ª fases									
					10	20	30	40	50	60				
1	H Plio-Plistocénico	Solo orgânico, de cor castanha escura	# # #											
2		Silte argiloso, de cor castanha	- - -	3	8 (4+4)						(21)			
3		Areia fina, de cor castanha	· · ·	6	9 (5+4)						(22)			
4		Areia fina siltosa micácea, de cor bege	· · ·	3	9 (3+6)						(23)			
5		Areia fina a média à mistura com seixos pequenos e médios, de cor bege	· · ·	15	53 (22+31)						(24)	NF: 5.2 m		
6	Cretácico	Siltito por vezes argiloso de cor cinzenta a cinzenta esverdeada com pequenos níveis argilosos de cor cinzenta	- - -	19	60 (52+8) Entrou 17 cm						(25)			
7														
8														
9							23	60 (60+0) Entrou 14 cm					(26)	
10							45	60 (60+0) Entrou 9 cm					(27)	
11		FIM DE SONDAGEM												
12														
13														
14														
15														
16														
17														
EQUIPAMENTO:				COMPRIMENTO: 10.50 m										
SMA 630 - fabrico nacional				COTA: 15.00 m										
Sondagem a trado oco: Diâm. ext.: 230 mm;				COORDENADAS: -										
Diâm. int.: 86 mm														
OBSERVAÇÕES: H: Holocénico														

		Registo de sondagem a trado oco com ensaios SPT Equipamento: SMA 630 - fabrico nacional		SONDAGEM: <h1 style="text-align: center;">5</h1>	
		Cliente: Universidade de Aveiro			
		Local/Obra: Implantação da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro		Data: 18.05.2006	

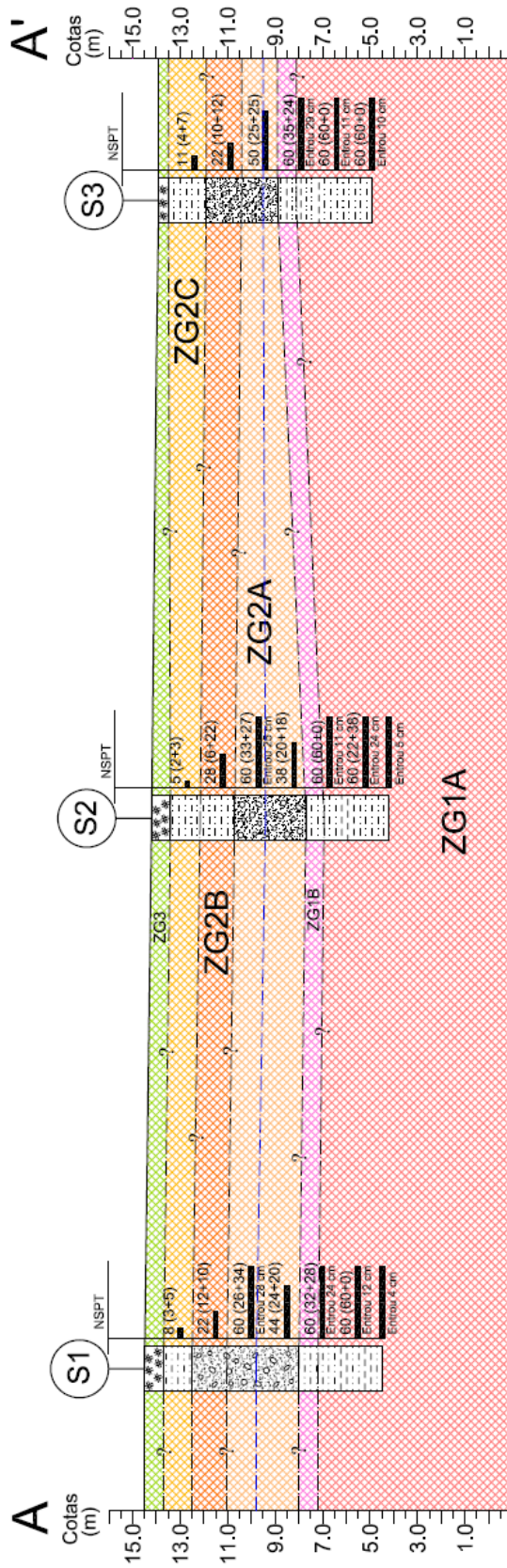
Prof. (m)	Complexo	Litologia	Simbologia	Ensaio SPT				Ensaio	Nível Freático				
				Pancadas									
				1ª fase	2ª e 3ª fases								
					10	20	30	40	50	60			
1	H	Solo orgânico, de cor castanha escura	# # #										
2	Plio-Plistocénico	Silte argiloso, de cor castanha	[Symbol]	5 (2+3)							28	NF: 4.9 m ▼	
3				9 (3+6)									29
4		Arela média micácea, ligeiramente silteosa à mistura com seixos pequenos, de cor bege	[Symbol]	19 (8+11)									30
5		Arela fina silte-argilosa à mistura com seixos pequenos, de cor bege acastanhada	[Symbol]	35 (15+20)									31
6	Cretácico	Siltito argiloso de cor cinzenta clara com pequenos níveis argilosos de cor cinzenta esverdeada com lalvos alaranjados	[Symbol]	60 (60+0) Entrou 12 cm								32	
7				60 (45+15) Entrou 19 cm									33
8		Argilito, de cor cinzenta esverdeada	[Symbol]										34
9													
10		FIM DE SONDAGEM											
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													

EQUIPAMENTO: SMA 630 - fabrico nacional Sondagem a trado oco: Diâm. ext.: 230 mm; Diâm. int.: 86 mm	COMPRIMENTO: 10.50 m COTA: 14.60 m COORDENADAS: -
OBSERVAÇÕES: H: Holocénico	

		Registo de sondagem a trado oco com ensaios SPT Equipamento: SMA 630 - fabrico nacional			SONDAGEM: 6							
		Cliente: Universidade de Avelro										
		Local/Obra: Implantação da Escola Superior de Saúde da Universidade de Avelro			Data: 19.05.2006							
Prof. (m)	Complexo	Litologia	Simbologia	Ensaio SPT						Ensaio	Nível Freático	
				Pancadas								
				1ª fase	2ª e 3ª fases							
					10	20	30	40	50	60		
1	H	Solo orgânico, de cor castanha escura	### ###									
2	Plio-Plistocénico	Silte argiloso com níveis de areia fina silto-argilosa, de cor castanha	--- ---	6	8 (4+4)					35		
3				2	7 (3+4)					36		
4		Areia muito fina argilosa, micácea, de cor bege	10	25 (11+14)					37	NF: 4.8 m ▼	
5				13	54 (23+31)					38		
6	Cretácico	Argila, de cor laranja esverdeada com laivos avermelhados	--- ---	9	21 (10+11)					39		
7				Siltito por vezes argiloso, de cor cinzenta	--- ---	60	Entrou 6 cm					40
8		FIM DE SONDAGEM										
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												

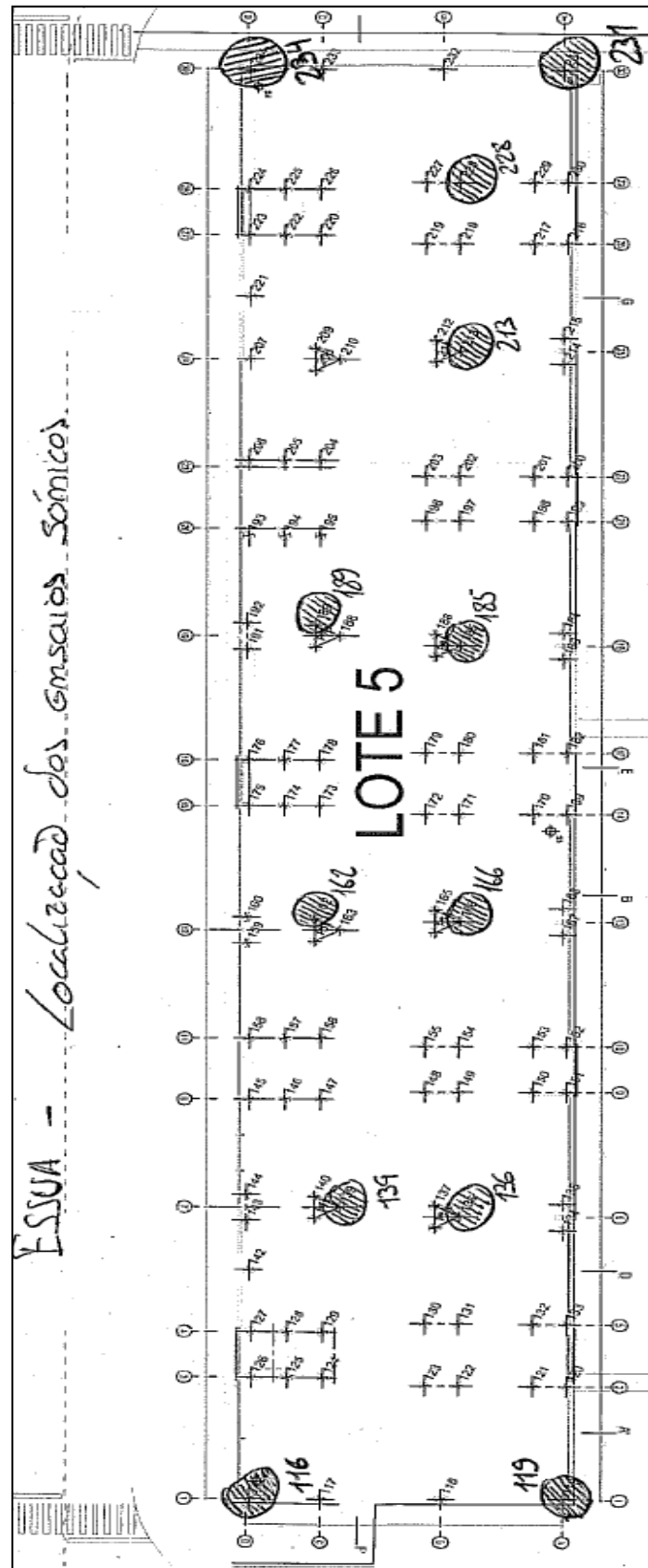
EQUIPAMENTO: SMA 630 - fabrico nacional Sondagem a trado oco: Diâm. ext.: 230 mm; Diâm. Int.: 86 mm	COMPRIMENTO: 9.00 m
	COTA: 14.90 m
	COORDENADAS: -
OBSERVAÇÕES:	

Anexo 3. Perfis litológicos



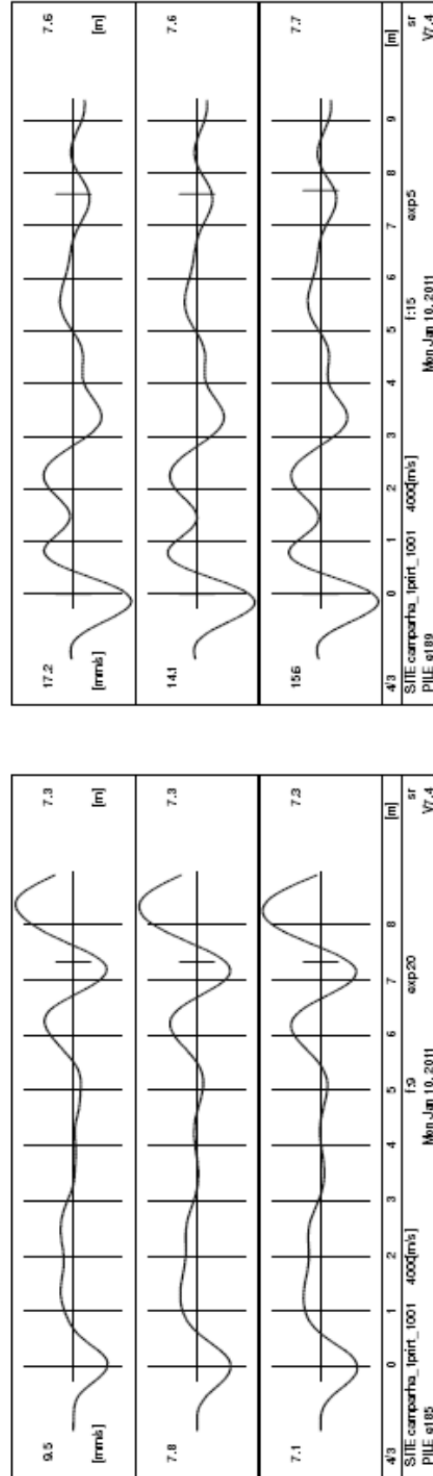
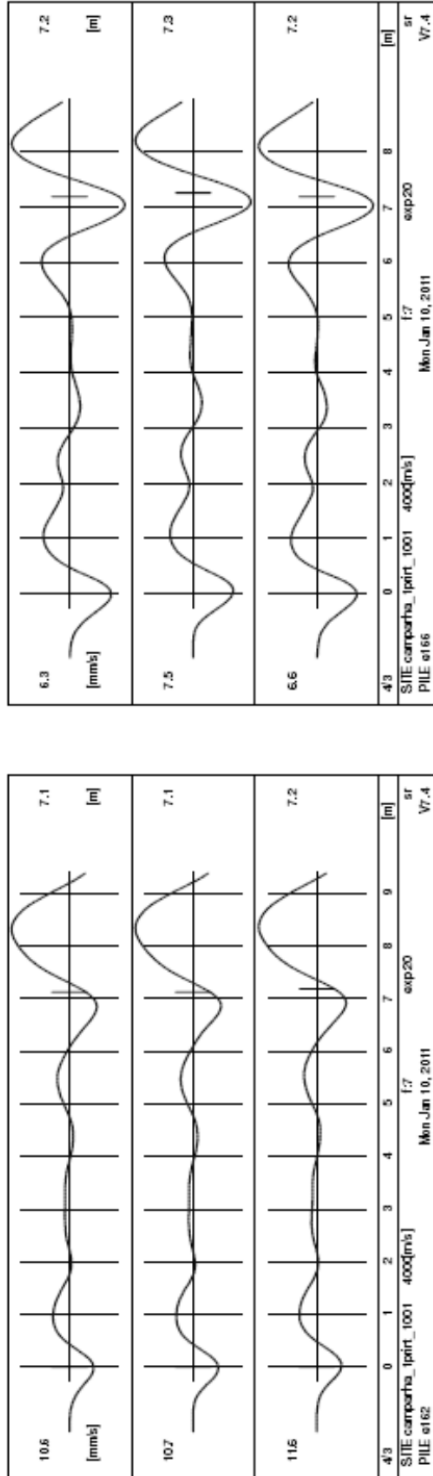
COMPLEXO	LITOLOGIA	ZONAMENTO GEOTÉCNICO	SÍMBOLOS GRÁFICOS	Gabinete de Serviços Geotécnicos Lda	ENTIDADE:
Holocénico	Solo orgânico	ZG3	S...	DESIGNAÇÃO: Perfil litológico/geotécnico Interpretativo	Universidade de Aveiro
Plio-Plistocénico	Silte argiloso por vezes com alguma areia/areia por vezes silteosa	ZG2C: 5<NSPT<11	Sondagens a trado com execução de ensaios SPT	LOCAL/OBRA: Implantação da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro - Aveiro -	
	Areia à mistura com seixos médios e pequenos/Site argiloso com alguma areia	ZG2B: 19<NSPT<28	Limite geotécnico/geológico provável	DATA: Maio de 2006	
	Areia à mistura com seixos médios e pequenos	ZG2A: 35<NSPT<60	Superfície freática	ESC. HORIZONTAL: 1/500	
Cretácico	Argila muito dura	ZG1B: NSPT=21		DES. HORIZONTAL: Teresa Vergas	
	Siltilito por vezes argiloso intercalado com níveis argilosos	ZG1A: NSPT>80		DES. VERTICAL: 1/250	
				DESENHO Nº: Teresa Vergas	

Anexo 4. Ensaio sónico realizado no Bloco Alunos

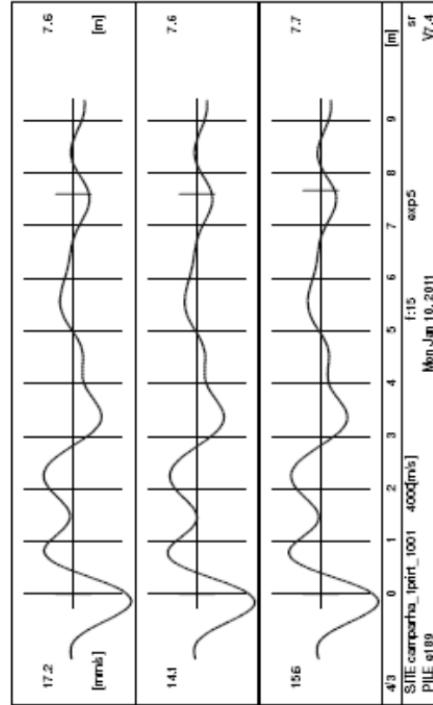
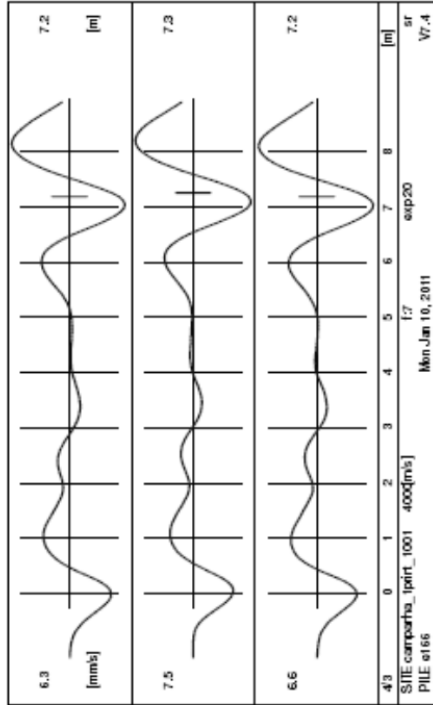


Anexo 5. Ensaios sónicos realizados nas estacas E162, E166, E185 e E189.

ANCORPOR

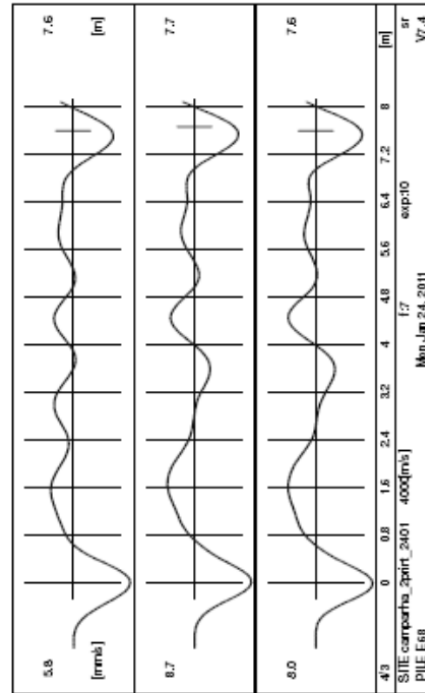
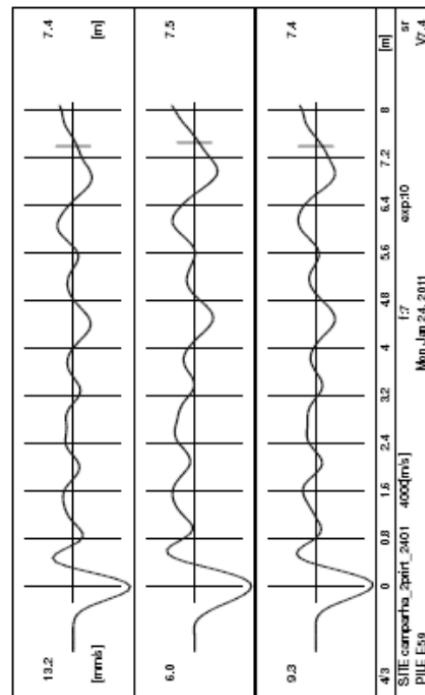
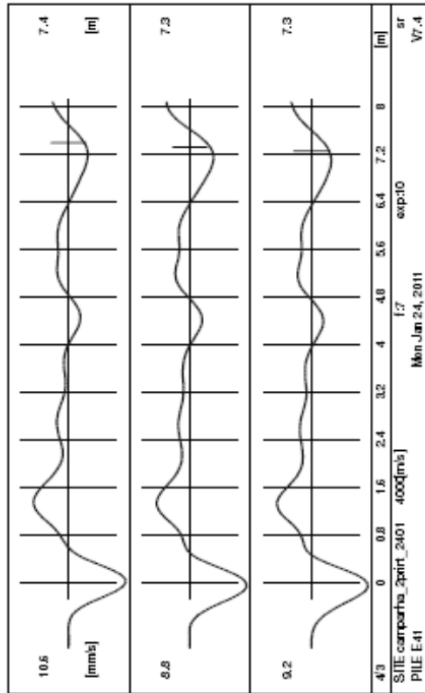
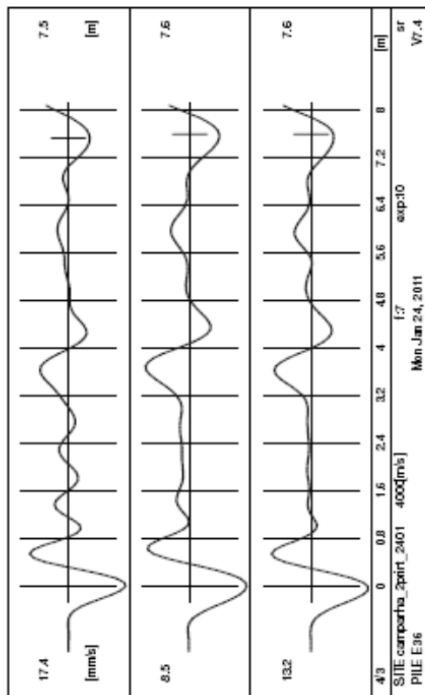


Aveiro



Anexo 6. Ensaios sónicos realizados nas estacas E41, E36 e E68

ANCORPOR



ESSUA-Bloco_dos_Docentes

Anexo 7. Procedimento de inspeção e prevenção

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE

Plano de Segurança e Saúde

PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO E PREVENÇÃO		Número	Pág. /								
Dono da Obra:		Representante:									
Obra:		Coord. de Segurança em Obra:									
Empreiteiro:											
Operação de Construção / Elemento de construção											
Ref.	Verificações/Tarefas	Riscos	Doc. Ref.	Acções de prevenção/protecção			Frequência de inspeção	PP			
				PC	PI	OU					
Preparado por:		Data:		Verificado por		Data:		Aprovado por		Data:	

Versão 1

Pág. 1/1



Anexo 8. Registo de inspecção e prevenção

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE

Plano de Segurança e Saúde

REGISTO DE INSPECÇÃO E PREVENÇÃO		Número	Pág. /
Dono de Obra:		Representante:	
Obra:			
Projectista:			
Empreiteiro:			
Operação de construção /Elemento de construção			
Localização/Actividade:			
Refª	Verificações/Tarefas	PP	Resultados
			Controlado por: Ass.: _ / _ / _
			Verificado por: Ass.: _ / _ / _
			Controlado por: Ass.: _ / _ / _
			Verificado por: Ass.: _ / _ / _
			Controlado por: Ass.: _ / _ / _
			Verificado por: Ass.: _ / _ / _

Versão 1

Anexo 9. Registo de não conformidade e acções correctivas

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE

Plano de Segurança e Saúde

REGISTO DE NÃO CONFORMIDADE E ACÇÕES CORRECTIVAS /PREVENTIVAS		Controlo nº	Pág.
Dono da Obra:			
Obra:			
Empresa:			
Descrição da não conformidade:			
Localização:			
Documentos de referência:			
Descrito por:		Data:	Verificado por: Data:
Descrição das acções correctivas/preventivas:			
Correcção até:			
Proposto por:		Data:	Aprovado por: Data:
Execução das acções correctivas/preventivas:			
Executado por:		Data:	Controlado por: Data:
Verificado por:		Data:	Aprovado por: Data:

Versão 1

Anexo 10. Registo de distribuição de EPI

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE

Plano de Segurança e Saúde

DISTRIBUIÇÃO DE E.P.I.

Dono da Obra:				
Obra:				
Empreiteiro:				
Nome do Trabalhador:				Número:
Ref.	Designação do E.P.I.	Riscos (1)	Recepção (2)	Devolução (3)
			Data: ___/___/___ Ass: _____	Data: ___/___/___ Ass: _____
			Data: ___/___/___ Ass: _____	Data: ___/___/___ Ass: _____
			Data: ___/___/___ Ass: _____	Data: ___/___/___ Ass: _____
			Data: ___/___/___ Ass: _____	Data: ___/___/___ Ass: _____
			Data: ___/___/___ Ass: _____	Data: ___/___/___ Ass: _____

(1) Indicar códigos de acordo com a tabela abaixo (2) Assinatura do Trabalhador (3) Assinatura

RISCOS A PROTEGER

1 - Quedas em altura	11- Pancadas na cabeça
2 - Quedas ao mesmo nível	12 - Cortes
3 - Queda de objectos	13 - Estilhaços
4 - Queda por escorregamento	14 - Entalamentos
5 - Objectos pontiagudos ou cortantes	15 - Electrocussão
6 - Esmagamento do pé	16- Colete reflector de sinalização
7 - Torção do pé	17 - _____
8 - Choque ao nível dos maléolos	18 - _____
9 - Choque ao nível do metatarso	19 - _____
10 - Choque ao nível da perna	20 - _____

DECLARAÇÃO

Declaro que recebi os Equipamentos de Protecção Individual acima mencionados, comprometendo-me a utilizá-los correctamente de acordo com as instruções recebidas, a conservá-los e mantê-los em bom estado, e a participar todas as avarias ou deficiências de que tenha conhecimento.

Data: ___/___/___

Ass: _____

Responsável pela Segurança Ass: _____	Técnico Responsável da Obra Ass: _____
--	---

Versão 1

Anexo 12. Procedimentos de inspeção de equipamentos de estaleiro

UNIVERSIDADE DE AVEIRO ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE

Plano de Segurança e Saúde

PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE ESTALEIRO		Número	Pág. /						
Dono da Obra:									
Obra									
Empreiteiro		Coord. de Segurança em Obra							
Equipamento de Estaleiro									
Código									
Verificação	Métodos de verificação	Documentos de referência	FREQUÊNCIA						
			D	S	M	A	OUTRA	Verificado por	
Responsável por elementos base Ass: _____ Data: ____/____/____ Técnico Resp. da Obra Ass: _____ Data: ____/____/____ D=Diária S= Semanal M=Mensal A= Anual									

Pág. 1/1



Versão 1

Anexo 13. Ficha de registo de acidentes de trabalho

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE

Plano de Segurança e Saúde

ACIDENTES DE TRABALHO
Participação de Acidente

IDENTIFICAÇÃO DA ENTIDADE SEGURADORA OU EQUIPARADA

Nome _____	N.º Identificação Seguradora
Endereço _____	1. _____
Apólice N.º _____ Ramo _____	N.º Identificação acidente
	2. _____
	Ano N.º de ordem
	de ocorrência

IDENTIFICAÇÃO DO SEGURADO OU ENTIDADE EMPREGADORA

3. Nome _____	6. _____
4. N.º de Pessoa Colectiva _____	5. N.º de Pessoas ao Serviço da Entidade Empregadora _____
7. _____	7. _____
6. Endereço do Estabelecimento _____ Tel. _____	
Código Postal _____ Concelho _____	
7. Actividade Principal do Estabelecimento _____	

IDENTIFICAÇÃO DO SINISTRADO

8. Nome _____	9. Nacionalidade _____
10. Residência _____	Código Postal _____
11. Naturalidade _____	12. Sexo M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>
Freguesia _____	Concelho _____
13. Data de Nascimento _____	14. Bilhete de Identidade _____
Ano mês dia	Ano mês dia
15. Data de Admissão ao Serviço _____	
Ano mês dia	
16. Estado civil _____	17. Tem dependentes a Cargo: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
	18. Se é Administrador, Gerente ou Familiar do Segurado, indique qual: _____
19. Situação Profissional	20. Horário praticado pelo sinistrado no momento do Acidente:
1. Trabalhador por conta de outrem	1. Em período normal <input type="checkbox"/>
2. Trabalhador por conta própria ou empregador	2. Em turno fixo <input type="checkbox"/>
3. Familiar não remunerado	3. Em turno rotativo <input type="checkbox"/>
4. Estagiário	4. Outro horário <input type="checkbox"/>
5. Praticante /Aprendiz	
6. Outra situação	
21. Profissão _____	
22. Salários, assinala a periodicidade de pagamento e indique o montante em cada situação	
Salário base _____	mensal <input type="checkbox"/> diário <input type="checkbox"/> horário <input type="checkbox"/>
Sub. Aílm/mês	Sub. Férias
Outras remun/mês	Sub. Natal
N.º meses/ ano	Salário líquido
23. No caso de se verificar alguma das seguintes situações, indique o montante de salários	
Se o salário não for REGULAR, indique a MÉDIA DOS ÚLTIMOS 12 MESES _____ \$	
Se o sinistrado for APRENDIZ OU TIROCINANTE, indique o SALÁRIO MÉDIO DOS OFICIAIS DA MESMA CATEGORIA _____ \$	
Se o sinistrado for MENOR (de 18 anos) e não for aprendiz ou tirocinante, indique o SALÁRIO MÉDIO DE TRABALHADOR MAIOR N/ QUALS	
24. Desde quando aufero o salário citado	Ano _____ Mês _____ Dia _____

Pág. 1/2

Versão 1



UNIVERSIDADE DE AVEIRO

ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE

Plano de Segurança e Saúde

25. Data e hora do acidente	_____	26. Data e hora em que deixou em consequência ao acidente	_____
	Ano Mês Dia Hora (Das 0 às 24h)		Ano Mês Dia Hora (Das 0 às 24h)
27. Se o acidente não ocorreu no estabelecimento indique			
1. Em serviço no exterior do estabelecimento		2. No trajecto residência trabalho ou vice-versa <input type="checkbox"/>	
Local _____		Concelho _____ Freguesia _____	
Lugar (nome propriedade)			
28. Quem prestou os 1 ^{os} socorros _____ Localidade _____			
29. Ficou hospitalizado Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> 30. Se sim: Estabelecimento Hospitalar _____			
31. Número total de vítimas do acidente		32. O acidente foi de viação Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
33. O sinistrado deslocava-se em veículo motorizado de 2 rodas Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
34. Se respondeu sim a questão 32. e se o acidente foi da responsabilidade de terceiros, indique:			
Nome e morada do responsável _____			
Matrícula do veículo _____		Número de Apólice _____ Seguradora _____	
34.1. Se houve intervenção de autoridade, especifique _____			

TIPO E AMBIENTE DE TRABALHO

35. Que tipo de trabalho estava o sinistrado a fazer no momento do acidente (ex.: trabalho em ferro fundido, nas colheitas, matadouros)	35. _____ Tipo de Trabalho
36. Onde estava o sinistrado no momento do acidente (ex.: no interior de um edifício, no subsolo)	36. _____ Ambiente de Trabalho
CIRCUNSTÂNCIAS DO ACIDENTE	
37. Descreva pormenorizadamente o acidente mencionado designadamente os acontecimentos que lhe deram origem e também os acontecimentos que conduziram à lesão, mencionando as substâncias, os equipamentos ferramentas que usava (tipo de ferramentas, máquina, etc.).	37.1. _____ Actividade da vítima
38. Indique o objecto próximo que conduziu à lesão que provocou o acidente _____	37.2. _____ item associado à actividade
39. Descreva a tarefa que o sinistrado executava no momento do acidente (ver instruções) _____	37.3. _____ Acção de desvio
	37.4. _____ item associado à acção de desvio
	38.1. _____ Acção que conduziu à lesão
	38.2. _____ Agente de lesão

40. Assinale a situação correspondente à tarefa descrita	1. A habitualmente exercida <input type="checkbox"/>	2. Ocasionalmente exercida <input type="checkbox"/>	3. Outra situação <input type="checkbox"/>
41. Indique o número de horas executadas até ao momento do acidente	1. De forma ininterrupta (sem intervalo) _____		
	2. Total já executadas _____		

DETALHES DA LESÃO

42. Indique conforme instruções: Natureza da lesão _____	43. Parte do corpo atingida _____
---	-----------------------------------

CONSEQUÊNCIAS DO ACIDENTE À DATA DA DECLARAÇÃO

44. Sem ausência / ausência menor <input type="checkbox"/>	Ausência de 1 a 3 dias <input type="checkbox"/>	Ausência esperada de 4 a 14 dias <input type="checkbox"/>	Incapacidade Permanente <input type="checkbox"/>	Morte <input type="checkbox"/>
--	---	---	--	--------------------------------

Nome e assinatura do Segurado ou Legal Representante Segurado ou da Entidade Empregadora

Nome do responsável pelo preenchimento da informação por parte do

Data de Preenchimento _____/_____/_____

Pág. 2/2

Versão 1

