



PROSPEÇÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO: MAPEAMENTO

LUIS FILIPE CARVALHO PRINCIPE ARAÚJO

Novembro de 2017

PROSPEÇÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO: MAPEAMENTO

Luís Filipe Carvalho Príncipe Araújo

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE ESTRUTURAS

Orientador: Professor Paulo Ribeiro Guedes

Supervisor: Doutora Cristina Alves Ribeiro (SENQUAL)

OUTUBRO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Glossário.....	xix
Abreviaturas	xxi
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Empresa	3
CAPÍTULO 3 Detecção de Armaduras	11
CAPÍTULO 4 Trabalhos Desenvolvidos – Ensaios Laboratoriais	23
CAPÍTULO 5 Detecção de Armaduras em Laboratório	33
CAPÍTULO 6 Detecção de Armaduras em Obra	47
CAPÍTULO 7 Considerações Finais.....	59
Referências Bibliográficas	61

RESUMO

O presente documento está relacionado com o estágio realizado na empresa Senqual – Sociedade de Engenharia e Qualidade, Lda., em Valadares, Vila Nova de Gaia.

Durante o estágio foram realizadas atividades relacionadas com ensaios de controlo de qualidade dos materiais, assim como atividades de prospeção de armaduras com diversos equipamentos de deteção de armaduras.

Neste relatório estão mencionados todos os procedimentos de alguns desses ensaios assim como a importância dos mesmos do ponto de vista do cliente.

São apresentados os resultados obtidos em laboratório e em campo através do uso de três equipamentos diferentes de deteção de armaduras sendo inicialmente feita uma breve descrição dos mesmos.

O estudo realizado demonstra que nem sempre existe uma exatidão total da deteção das armaduras sendo que em certos casos é possível obter valores mais exatos do que noutros casos.

Procurou avaliar-se igualmente a precisão dos equipamentos utilizados e identificar em que situações é que a precisão dos mesmos era afetada.

Palavras-chave: Deteção de armaduras, Ensaios não-destrutivos, Controlo de qualidade, Estágio curricular, Senqual

ABSTRACT

The present document is related with the internship conducted in Senqual – Sociedade de Engenharia e Qualidade, Lda., in Valadares, Vila Nova de Gaia.

During this internship, there were realized activities related with quality control testing of materials, as well prospection of reinforced concrete activities with several detection equipment.

In this report there are mentioned all the procediment of some of the quality control testing as well as the importance of the same from the customer point of view and the desire results from realization of the testings.

There are presented all the results obtained from the prospection made in the laboratory and in the field with the different reinforced concrete detection equipment and also is presented a brief description of the equipment.

The realized study show that not always is a total precision from the detection being that in certain cases is possible to obtain more exact values than others.

There was also the evaluation of the precision of the equipment and the identification of the various situations where the precision was affected.

Keywords: Reinforced concrete detection, Nondestructive testing, Quality control, Curricular Internship, Senqual.

AGRADECIMENTOS

Ao longo destes últimos 6 anos foram várias as pessoas que permitiram e tornaram possível a possibilidade de se realizar este trabalho, por isso a todas elas gostava de fazer um agradecimento:

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e Departamento de Engenharia Civil, pela possibilidade de frequentar o curso e através da bolsa de estágio curricular, poder aplicar todo o conhecimento adquirido ao longo destes últimos anos, no mundo do trabalho;

Ao meu orientador, Professor Paulo Ribeiro Guedes, pelo apoio dado, disponibilidade e dedicação que permitiu a realização deste trabalho;

À Doutora Cristina Alves Ribeiro, pela ajuda e acompanhamento durante o estágio que levou a que fosse possível chegar ao resultado final do trabalho;

Ao Engenheiro Alves Ribeiro, pela hipótese de realização do estágio na SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade, Lda. e assim permitir um primeiro contacto com o mundo do trabalho;

Aos restantes colaboradores da SENQUAL, nomeadamente à Doutora Sandra Costa e aos operadores Pedro Alves, Nicolau Fernandes, João Machado e Nuno Vaz, pelo acompanhamento e integração durante o estágio na empresa e todos os ensinamentos dados em relação aos vários ensaios executados na empresa;

Aos meus amigos que sempre me ajudaram e apoiaram durante o curso académico, quer nos bons quer nos maus momentos.

Em especial à minha família, por acreditarem sempre em mim e nunca deixar de me apoiar quando as coisas não corriam tão bem e por estarem sempre ao meu lado e permitirem ter a hipótese de estudar no Ensino Superior.

A todos o meu sincero Obrigado!

ÍNDICE DE TEXTO

1.1	Considerações Iniciais.....	1
1.2	Objetivo do relatório de estágio.....	1
1.3	Estrutura do relatório.....	2
2.1	Descrição da Empresa.....	3
2.2	Ensaios laboratoriais.....	5
2.2.1	Patologias dos materiais.....	6
2.2.2	Patologias das estruturas.....	6
2.3	Obras com Ensaios Realizados pela Empresa.....	7
2.3.1	Túnel de Águas Santas.....	7
2.3.2	Obras de reabilitação.....	7
2.3.3	Barragem do Foz Tua.....	8
2.3.4	Barragem da Caniçada.....	8
2.3.5	Moradia unifamiliar.....	9
2.3.6	Barragem do Alto Tâmega.....	9
3.1	Introdução.....	11
3.2	Equipamentos de deteção de armaduras.....	13
3.2.1	Profometer 5+.....	13
3.2.2	Profoscope.....	15
3.2.3	Ferrosan PS200S.....	17
4.1	Trabalho Executado durante o Estágio.....	23
4.2	Ensaios Realizados pela Empresa.....	23
4.2.1	Ensaios em agregados.....	23

ÍNDICE DE TEXTO

4.2.2	Ensaio em cimentos	24
4.2.3	Ensaio em betões	24
4.2.4	Ensaio em solos	25
4.3	Ensaio Acompanhados	25
4.3.1	Resistência à compressão de provetes.....	25
4.3.2	Resistência à tração	26
4.3.3	Ensaio de absorção de água por capilaridade	27
4.3.4	Ensaio de determinação da dosagem de fibras.....	28
4.3.5	Determinação da absorção de energia em placas de betão projetado reforçado com fibras 29	
4.3.6	Ensaio de análise granulométrica	30
4.3.7	Ensaio de índice de forma	30
4.3.8	Ensaio de índice de achatamento.....	31
5.1	Preparação Dos Modelos de Ensaio.....	33
5.2	Execução da deteção em laboratório	34
5.2.1	Esquema 1.....	35
5.2.2	Esquema 2.....	37
5.2.3	Esquema 3.....	40
5.2.4	Esquema 4.....	43
5.2.5	Esquema 5.....	45
6.1	Ensaio Executados	49
6.1.1	Zona de estudo – Parede exterior face 1.....	49
6.1.2	Zona de estudo – Parede de canto 1 face 1	51
6.1.3	Zona de estudo – Parede de canto 2 face 1	52
6.1.4	Zona de estudo – Pilar 1	53
6.1.5	Zona de estudo – Pilar 2	54
6.1.6	Zona de estudo – Pilar 3	56

6.1.7	Zona de estudo – Pilar 4	57
6.2	Conclusão Final	58
7.1	Conclusões	59
7.2	Desenvolvimentos Futuros	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Organigrama hierárquico da empresa.....	4
Figura 2.2 – Tipos de materiais onde se realizam ensaios[2].....	5
Figura 2.3 – Escavação do Túnel de Águas Santas	7
Figura 2.4 – Obra da Barragem do Foz Tua[3].....	8
Figura 2.5 – Barragem da Caniçada.....	9
Figura 2.6 – Obra da Barragem do Alto Tâmega	9
Figura 3.1 – Constituintes do Modelo S[6].....	14
Figura 3.2 – Constituintes do Modelo <i>Scanlog</i> [6]	14
Figura 3.3 – Display do <i>Profometer</i> [6].....	15
Figura 3.4 – Setup do <i>Profoscope</i> [7]	16
Figura 3.5 – Aproximação de um varão[7]	16
Figura 3.6 – Afastamento do varão e aproximação do ponto médio entre varões[7].....	17
Figura 3.7 – Equipamento de leitura e Monitor[8]	17
Figura 3.8 – Modo “ <i>Imagescan</i> ”[9]	18
Figura 3.9 – Grelha 4x4 para registo da leitura[9].....	19
Figura 3.10 – Posicionamento do equipamento na grelha de referência[9]	19
Figura 3.11 – Teclas do aparelho[9]	20
Figura 3.12 – Emissão dos sinais sonoros[9]	20
Figura 3.13 – Preenchimento da grelha[9].....	21
Figura 4.1 – Ensaio de resistência à compressão	26
Figura 4.2 – Provete submetido à compressão diametral	27
Figura 4.3 – Provete de betão submetido ao ensaio de absorção de água	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.4 – Ensaio de carga em placa.....	29
Figura 4.5 – Exemplo de uma curva granulométrica.....	30
Figura 4.6 – Paquímetro de forma para ensaio do índice de forma[1].....	31
Figura 5.1 – Placa móvel onde foi executada a deteção[1].....	33
Figura 5.2 – Esquema 1.....	35
Figura 5.3 – Esquema 2.....	37
Figura 5.4 – Esquema 3.....	40
Figura 5.5 – Esquema 4.....	43
Figura 5.6 – Esquema 5.....	45
Figura 6.1 – Localização dos elementos selecionados	47
Figura 6.2 – Esquema das paredes de betão.....	48
Figura 6.3 – Esquema tipo dos pilares.....	48
Figura 6.4 – Tabela das dimensões e composições de cada pilar	49
Figura 6.5 – Parede exterior	49
Figura 6.6 – Parede de canto 1.....	51
Figura 6.7 – Parede de canto 2.....	52
Figura 6.8 – Pilar 2	54
Figura 6.9 – Pilar 4	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1 – Valores obtidos pelo <i>Profometer</i> do Esquema 1	36
Tabela 5.2 – Valores obtidos pelo <i>Profoscope</i> do Esquema 1.....	36
Tabela 5.3 – Valores obtidos pelo <i>Ferrosfan</i> do Esquema 1.....	37
Tabela 5.4 – Valores obtidos pelo <i>Profometer</i> do Esquema 2	38
Tabela 5.5 – Valores obtidos pelo <i>Profoscope</i> do Esquema 2.....	39
Tabela 5.6 – Valores obtidos pelo <i>Ferrosfan</i> do Esquema 2.....	39
Tabela 5.7 – Valores obtidos pelo <i>Profometer</i> do Esquema 3	41
Tabela 5.8 – Valores obtidos pelo <i>Profoscope</i> do Esquema 3.....	41
Tabela 5.9 – Valores obtidos pelo <i>Ferrosfan</i> do Esquema 3.....	42
Tabela 5.10 – Valores obtidos pelo <i>Profometer</i> do Esquema 4	43
Tabela 5.11 – Valores obtidos pelo <i>Profoscope</i> do Esquema 4.....	44
Tabela 5.12 – Valores obtidos pelo <i>Ferrosfan</i> do Esquema 4.....	44
Tabela 5.13 - Valores obtidos pelo <i>Profometer</i> do Esquema 5.....	45
Tabela 5.14 – Valores obtidos pelo <i>Profoscope</i> do Esquema 5.....	46
Tabela 5.15 – Valores obtidos pelo <i>Ferrosfan</i> do Esquema 5.....	46

GLOSSÁRIO

ASTM – Norma Americana

BS – Norma Britânica

DIN – Norma Alemã

EN – Norma Europeia

IPAC – Instituto Português de Acreditação

IPQ – Instituto Português de Qualidade

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NP – Norma Portuguesa

UNE – Norma Espanhola

ABREVIATURAS

cm – centímetros

mm – milímetros

c/ – com

s/ – sem

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório foi executado no âmbito da unidade curricular de DIPRE, do 2º semestre do 2º ano, tendo sido realizado um estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, no ramo de Estruturas. Este documento apresenta todas as atividades realizadas durante o estágio curricular.

Durante o ensino superior existe a possibilidade de adquirir competências teóricas e algumas competências práticas, que são posteriormente colocadas em exercício com a realização de um estágio. O Instituto Superior de Engenharia do Porto dá a oportunidade de ser garantida uma bolsa de estágio de forma a colocar em prática todo o conhecimento adquirido bem como a obtenção de experiência profissional e também de conhecimento do mercado de trabalho atual na futura área de desempenho laboral.

O estágio, no qual foi efetuado este relatório, foi realizado no laboratório central da SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade Lda., localizado na Rua do Carvalhal, nº96, Valadares, 4405-543 Vila Nova de Gaia, Portugal. Este estágio teve início dia 20 de Fevereiro de 2017 e terminou a 31 de Julho de 2017.

O orientador do estágio foi o Professor Paulo Ribeiro Guedes, do Instituto Superior de Engenharia do Porto e teve como supervisora de estágio a Doutora Cristina Alves Ribeiro, técnica-adjunta da SENQUAL.

1.2 OBJETIVO DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO

O objetivo do relatório de estágio será a continuação do trabalho realizado no ano letivo de 2015/16 pela Ana Catarina Seabra [1] aluna do Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de Construções, que concluiu no ano letivo de 2015/16 e consistiu na prospeção de armaduras em estruturas de betão armado, através do mapeamento auxiliado com equipamentos fornecidos pela SENQUAL e pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, sendo realizada uma comparação dos equipamentos usados e dos resultados obtidos em laboratório e em campo.

1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente relatório encontra-se dividido em 7 capítulos:

O capítulo 1, introdução, descreve numa breve introdução os trabalhos a desenvolver no decurso do estágio.

No capítulo 2 faz-se uma apresentação da empresa na qual foi desenvolvido o estágio assim como alguns dos trabalhos e obras realizadas pela empresa.

No capítulo 3 trata-se da parte mais teórica relacionada com o trabalho executado relativamente a prospeção de armaduras, dando também uma breve introdução aos equipamentos utilizados.

O capítulo 4 diz respeito ao estágio propriamente dito, retratando todo o trabalho que foi realizado durante o estágio e também outros trabalhos que são realizados na empresa onde decorreu o estágio curricular.

No capítulo 5 trata-se os vários ensaios realizados em laboratório com o auxílio dos equipamentos disponíveis relativamente ao tema do qual se integra este relatório de estágio.

No capítulo 6 estão descritos todos os ensaios realizados em obra com os equipamentos disponíveis tendo em conta o tema do relatório.

Para finalizar no capítulo 7 são refletidas todas as conclusões relativas aos ensaios descritos no capítulo 6 bem como possíveis trabalhos futuros relacionados com o tema do estágio, assim como das considerações sobre a experiência obtida durante o estágio.

CAPÍTULO 2

EMPRESA

2.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade Lda. é uma empresa fundada em 1995 e é conhecida pelos serviços de consultoria e controlo de qualidade de materiais no âmbito da Indústria da Construção Civil e Obras Públicas, estando inserida neste mercado há mais de 20 anos. A SENQUAL dispõe de equipamento laboratorial recente e de técnicos devidamente preparados para poderem responder da melhor forma possível às necessidades dos clientes.

Tendo em conta a otimização da parcela custo/qualidade e também das exigências atuais do mercado existiu a necessidade de exercer um controlo efetivo por empresas especializadas em cada uma das fases de construção no qual existe um enorme mercado onde os serviços fornecidos pela SENQUAL são indispensáveis.

A SENQUAL encontra-se de momento numa fase de internacionalização, tendo tentado estar presente pelos novos mercados que vão surgindo, o que faz com que aconteça um desenvolvimento e conseqüente crescimento em diversas áreas da empresa.[2]

Dentro das diversas atividades executadas pela empresa, podem destacar-se os seguintes serviços:

- Controlo da qualidade global em Obras Públicas e de Construção Civil;
- Controlo de terraplanagens e pavimentos;
- Controlo de betões para pavimentos rígidos: desde à central de produção até à aplicação;
- Monitorização da temperatura de cura do betão para avaliação da resistência;
- Estudo de composições de betão, argamassas e misturas betuminosas;
- Identificação e caracterização de patologias em estruturas;
- Peritagem e pareceres técnico-económicos;

- Apoio técnico e logístico a empresas de fiscalização e donos de obra;
- Formação técnica nas áreas de intervenção da empresa;

A SENQUAL tem como base uma sede em Espinho tendo como apoio um laboratório central em Valadares. O estágio foi realizado maioritariamente no laboratório situado na Rua do Carvalho nº96, 4405-543 Valadares.

Também dispõe de laboratórios instaláveis em obra, consoante as necessidades das obras e as suas dimensões, sendo que tem disponível mais um laboratório, sendo este móvel, quando se justifique a necessidade de utilização do mesmo. Este laboratório móvel está equipado consoante os ensaios que se pretende executar permitindo assim a versatilidade e rapidez de resposta a necessidades pontuais.[2]

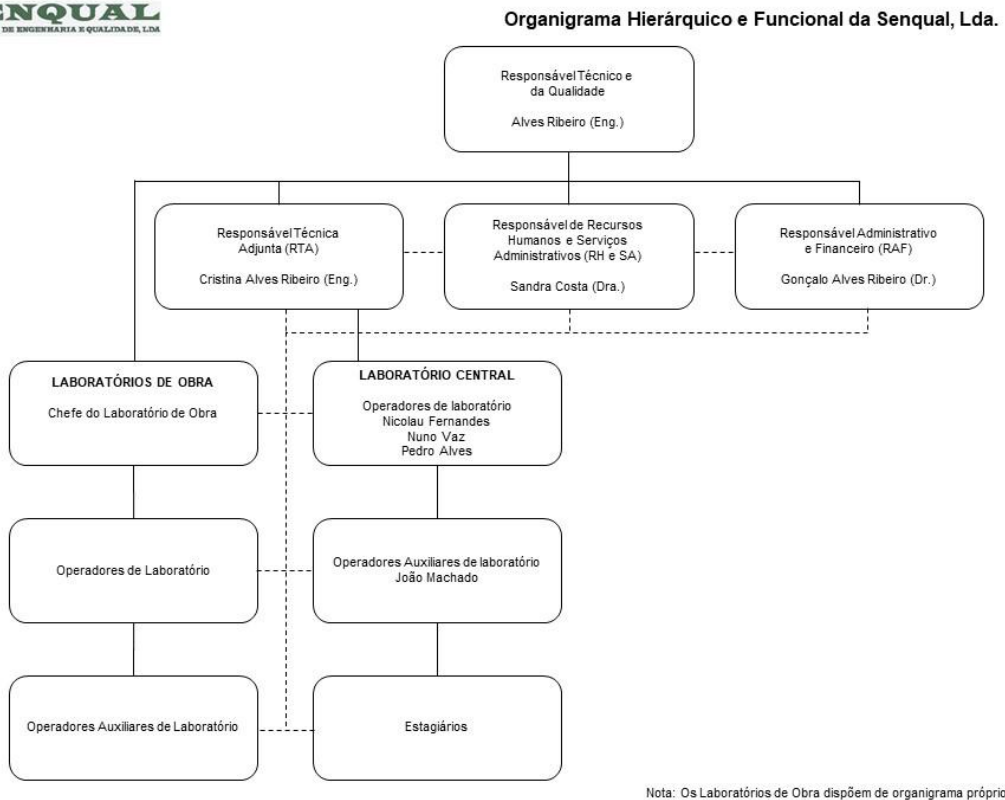


Figura 2.1 – Organigrama hierárquico da empresa.

2.2 ENSAIOS LABORATORIAIS

A SENQUAL executa diversos ensaios no seu laboratório sendo estes ensaios realizados por técnicos devidamente formados, sendo que a sua qualificação é realizada periodicamente e afixada nos diversos locais onde se realizam os ensaios no laboratório.

Também disponibiliza equipas para realização de ensaios pontuais nos locais onde está a ser executada uma determinada obra.

Nos laboratórios da SENQUAL pode-se encontrar equipamentos de elevada qualidade, modernos e fiáveis, adequados a qualquer tipo de ensaio que seja necessário realizar. Todos os equipamentos utilizados são calibrados periodicamente em laboratórios acreditados pelo Instituto Português de Acreditação (IPAC). Também são realizadas verificações internas dos equipamentos, quando justificado, sendo para tal necessário recorrer a padrões já calibrados.

Nos laboratórios da SENQUAL existem afixados os planos de calibração e manutenção periódica dos equipamentos assim como um sistema de gestão da qualidade que permite o cumprimento de todos os requisitos legais e normativos. Isto faz com que seja possível a correta e adequada realização dos ensaios.

Todos os ensaios realizados estão conforme as normas EN, NP EN, Especificações LNEC, ASTM, BS, DIN, UNE, e também como solicitado no caderno de encargos. Quando não existe regulamentação para ser aplicada num determinado ensaio, recorre-se a procedimentos internos de ensaios que são baseados em comunicações científicas ou recomendações internacionais.

Atualmente a tendência para reabilitar e requalificar o património existente assim como o acompanhamento das construções recentes faz com que seja necessário um conhecimento de forma a se permitir caracterizar os materiais usados e o estado de conservação das diversas estruturas: edifícios, viadutos, pontes, etc...

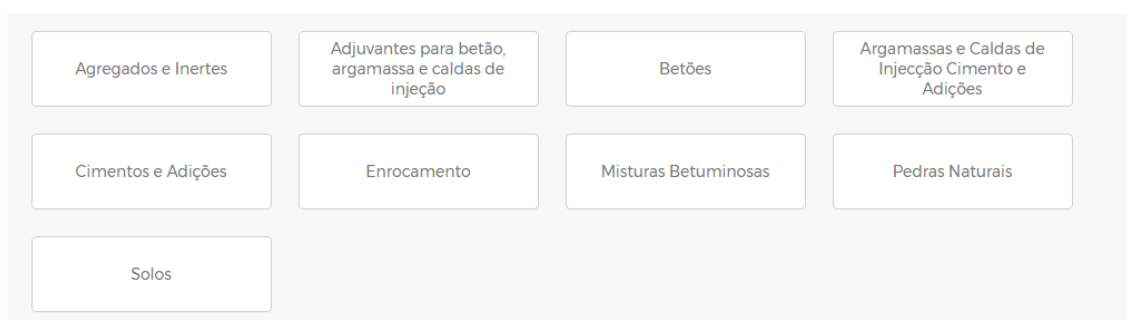


Figura 2.2 – Tipos de materiais onde se realizam ensaios[2]

2.2.1 Patologias dos materiais

São vários os tipos de patologias possíveis de encontrar nos materiais sendo que a SENQUAL realiza ensaios que permitem detetar e quantificar patologias nos seguintes materiais:

- Betões hidráulicos;
- Misturas Betuminosas;
- Cerâmicos;
- Revestimentos metálicos;
- Madeiras.

2.2.2 Patologias das estruturas

Nas estruturas também são possíveis detetar diversas patologias sendo que a SENQUAL faz a avaliação nos seguintes componentes das estruturas:

- Corrosão de armaduras em betão armado e pré-esforçado;
- Mapeamento da fissuração em elementos estruturais e não-estruturais;
- Carbonatação em estruturas de betão armado;
- Profundidade de penetração dos cloretos em elementos estruturais de betão;
- Teor em álcalis em elementos estruturais de betão;
- Teor em cloretos em elementos estruturais de betão;
- Espessura de recobrimento de armaduras em elementos de betão;
- Origem da humidade em edifícios;
- Integridade de revestimentos interiores e exteriores de edifícios;
- Integridade de revestimentos betuminosos em pavimentos rodoviários;
- Integridade de revestimentos com telas betuminosas.

2.3 OBRAS COM ENSAIOS REALIZADOS PELA EMPRESA

Durante o estágio foi possível fazer o acompanhamento de algumas obras através da participação nos ensaios que a empresa realiza para o controlo de qualidade dos materiais em obras importantes a nível nacional sendo de destacar as seguintes:

2.3.1 Túnel de Águas Santas

A realização desta obra leva a que sejam feitos ensaios de controlo do betão projetado nomeadamente a determinação da capacidade de absorção de energia do betão reforçado com fibras bem como a dosagem do teor de fibras desse betão.



Figura 2.3 – Escavação do Túnel de Águas Santas

2.3.2 Obras de reabilitação

Executaram-se extrações de carotes de forma a ser possível fazer uma avaliação dessas carotes e também uma caracterização da classe de resistência. Também foi determinado o teor em cloretos e profundidade de carbonatação, de forma a efetuar o controlo de qualidade de determinadas obras de reabilitação no Porto e em Lisboa, bem como a avaliação de alguns pisos de obras industriais.

2.3.3 Barragem do Foz Tua

Através de cinzas e cimentos provenientes desta obra foram feitos ensaios químicos e físicos para o controlo de qualidade. Também foram executados ensaios de absorção e penetração de água em provetes de betão.



Figura 2.4 – Obra da Barragem do Foz Tua[3]

2.3.4 Barragem da Caniçada

Nesta obra foi montado um laboratório na obra para realização de ensaios, sendo utilizado o laboratório central como apoio à obra. Os ensaios mais frequentes nesta obra são de controlo de qualidade de betões, betão projetado, agregados, cimentos, cinzas e adjuvantes.

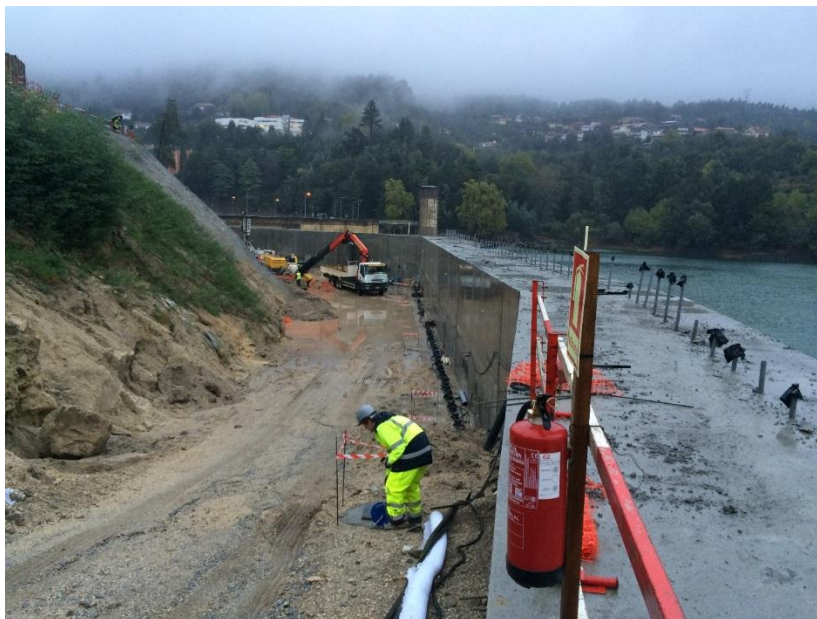


Figura 2.5 – Barragem da Caniçada

2.3.5 Moradia unifamiliar

Os ensaios destinados a esta obra são de controlo da qualidade do betão através de ensaios à resistência de provetes cúbicos de betão, sendo também efetuado ensaios de controlo da qualidade na obra através de ensaios de abaixamento (Slump Test).

2.3.6 Barragem do Alto Tâmega

Nesta obra são executados serviços de controlo de qualidade pela empresa, sendo que, tal como na barragem da Caniçada, foi definido a montagem de um laboratório na obra e o laboratório central serve de apoio. Os ensaios nesta obra são de controlo de qualidade de betões, betão projetado, agregados, cimentos, cinzas e adjuvantes.



Figura 2.6 – Obra da Barragem do Alto Tâmega

CAPÍTULO 3

DETEÇÃO DE ARMADURAS

3.1 INTRODUÇÃO

Aquando da reabilitação de um edifício é necessário que as alterações executadas sejam conforme as propriedades do edifício e compatíveis, sendo para tal necessário executar ensaios de forma a avaliar os materiais e executar um controlo de qualidade dos mesmos. Esses ensaios poderão ser do tipo destrutivo ou não destrutivo.

Tal como o nome indica, os ensaios destrutivos fazem com que as estruturas percam a sua capacidade e deixem de conseguir ter um bom funcionamento, sendo usados provetes de betão das zonas a estudar. Estes ensaios proporcionam uma maior precisão dos resultados, sendo que somente são usados em casos onde não seja necessária a preservação do edifício a reabilitar.

No caso dos ensaios não destrutivos os mesmos são executados quando existe uma necessidade de manter intacta a estrutura e não existam problemas futuros no desempenho da estrutura. Estes ensaios servem para análise das propriedades físicas dos elementos e para fazer uma deteção em possíveis falhas aquando a execução do elemento, ou falhas durante o período de vida do mesmo[1].

Hoje em dia a execução de uma prospeção de armaduras em estruturas de betão armado auxilia imenso a realização de trabalhos de inspeção, avaliação e reabilitação de estruturas já existentes sendo que permite evitar a destruição das mesmas para avaliação.

Este tipo de ensaio faz parte de vários ensaios não destrutivos e é muito importante em termos de reabilitação de edifícios, uma vez que não tendo acesso aos projetos de estrutura do mesmo nem a possíveis alterações feitas aos mesmos, permite obter a informação necessária sobre as armaduras presentes de forma não destrutiva e sem colocar em causa a integridade da estrutura em estudo.

Graças ao desenvolvimento da tecnologia, foi permitido a criação de equipamentos que permitem a deteção de armaduras sem que seja destruída ou posto em causa o bom funcionamento das estruturas de betão armado. Estes equipamentos permitem que seja possível fazer a estimação da posição, orientação, diâmetro e recobrimento das armaduras presentes nessas estruturas. Isto leva a que se necessária a intervenção num determinado elemento por não cumprir os requisitos de segurança ou

devido a um mau estado do mesmo que seja projetado um plano de intervenção sem que seja danificado o elemento em estudo.

Os equipamentos de deteção de armaduras são equipamentos de manuseamento fácil e portáteis pelo que o deslocamento dos mesmos não tenha um custo elevado e também a análise dos elementos em estudo seja rápida e precisa.

Uma das grandes preocupações aquando da execução de uma reabilitação de um edifício é saber se existe a presença de armaduras num determinado elemento a intervir e qual o tipo de armadura lá inserida, visto que em grande parte dos casos não há possibilidade de decorrer aos projetos dos edifícios ou até a armadura colocada não ser a que estaria definida inicialmente. Isto fez com que o aparecimento destes equipamentos torna-se mais facilitada a inspeção de um edifício e um melhor planeamento dos métodos de intervenção a executar[1].

O ensaio de deteção e caracterização de armaduras está descrito na norma BS 1881: Part 204: 1988 – *Testing concrete; Recommendations on the use of electromagnetic covermeters*. Esta norma foi publicada em 1988, sendo que nos dá recomendações bem como descreve os procedimentos a ter quando usando equipamentos para deteção e caracterização das armaduras. A parte 204 também apresenta quais os métodos de utilização e aplicação dos equipamentos assim como a precisão prevista no uso dos mesmos e quais poderão ser os fatores que influenciam os ensaios realizados. Estes equipamentos podem ser usados para fazer o controlo de qualidade das estruturas, através da determinação da localização das armaduras e se quer a localização e diâmetro das mesmas quer o recobrimento aquando a introdução do betão, estão conforme o que foi definido aquando a execução dos projetos de estrutura.

Para além desta norma existe outras normas que podem ser aplicadas neste tipo de ensaio como é o caso da DIN 1045[6], sendo que de momento não existe nenhuma norma portuguesa relativa a este ensaio, segundo o Instituto Português de Qualidade (IPQ).

Para ser possível a deteção de armaduras, são usados equipamentos que permitem obter a localização exata dessas armaduras, bem como o seu diâmetro e a profundidade da armadura (recobrimento) numa estrutura de betão armado[1].

Ao executar uma prospeção de armaduras convém ter em atenção que a zona de estudo esteja em condições ideais para o ensaio, sendo necessário retirar as impurezas da superfície do betão. Ao iniciar uma análise é necessário que o aparelho seja calibrado sendo que para tal a sonda ou o local do aparelho que faz a análise, esteja a indicar para uma zona livre de materiais metálicos e de seguida pressionar o botão de calibração do aparelho.

O ensaio de deteção de armaduras é realizado através da passagem da sonda ou do aparelho na zona de estudo sendo que quando detetado uma armadura, é indicado no painel de leitura o diâmetro do varão

da armadura e o seu recobrimento. Também é emitido um sinal sonoro pelo aparelho para que o utilizador possa anotar os dados que necessita ou para que possa indicar na estrutura a localização da armadura[1].

O modo de funcionamento do aparelho consiste num campo magnético que é criado pelo próprio aparelho quando não se encontra próximo de nenhuma armadura ou elemento metálico. Quando acontece a aproximação da armadura, será gerada uma distorção desse campo magnético indicando então a localização da armadura e possibilitando a análise, através do aparelho, do diâmetro e do recobrimento[4].

Durante o ensaio de deteção existem vários fatores que podem influenciar os resultados e a precisão dos mesmos, visto que afetam o campo magnético que é gerado, sendo alguns os seguintes:

- A existência de armaduras sobrepostas, ou vários varões pouco espaçados, dando lugar a resultados pouco credíveis;
- A existência de arames metálicos para amarração dos varões, o que leva a que seja necessário realizar ensaios longe de pontos de cruzamentos;
- A utilização de agregados com propriedades magnéticas levando à redução da fiabilidade dos resultados.

Com a evolução da tecnologia, os fabricantes dos equipamentos de deteção têm vindo a atualizar os componentes dos mesmos levando a que as análises sejam mais precisas e que alguns fatores deixem de causar tanta influência nos resultados[1].

3.2 EQUIPAMENTOS DE DETEÇÃO DE ARMADURAS

3.2.1 Profometer 5⁺

Este equipamento é utilizado em ensaios não destrutivos, para localização de varões de aço, do seu diâmetro e do recobrimento dos varões.

É um equipamento leve e compacto assim como muito prático para tais ensaios.

As principais funções deste equipamento são:

- Localizar varões;
- Medir recobrimentos das armaduras;

- Registrar valores de recobrimento e fazer a sua avaliação;
- Determinar os diâmetros dos varões localizados.

O equipamento é composto por um modelo S (Figura 3.1) e por um modelo *Scanlog* (Figura 3.2) sendo que o *Scanlog* permite executar funções que o modelo S sozinho não consegue, como é o caso do modo “*Cyberscan*” e do “*Measure with grid*” necessitando a utilização do *ScanCar*.

De forma a conseguir executar uma melhor análise dos varões é necessário não existir varões por baixo do equipamento e a leitura ser feita perpendicular à posição aos varões a analisar. Essas análises também podem ser influenciadas por varões vizinhos, sendo que o equipamento possui uma função que permite, no caso da existência de espaçamentos muito pequenos, fazer uma correção dos mesmos, permitindo assim que não haja problemas na determinação dos diâmetros dos mesmos, quando estes se encontram próximos.

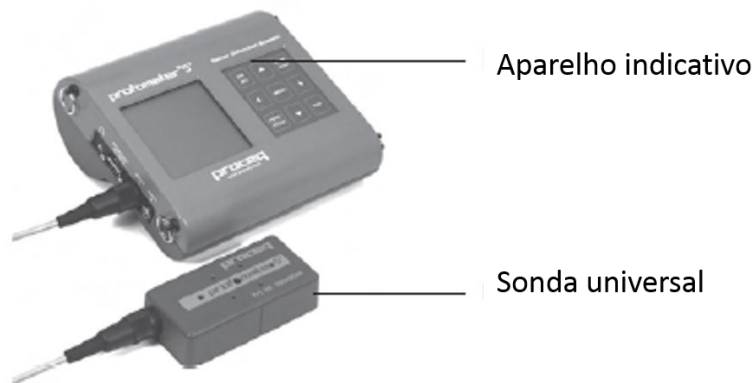


Figura 3.1 – Constituintes do Modelo S[6]

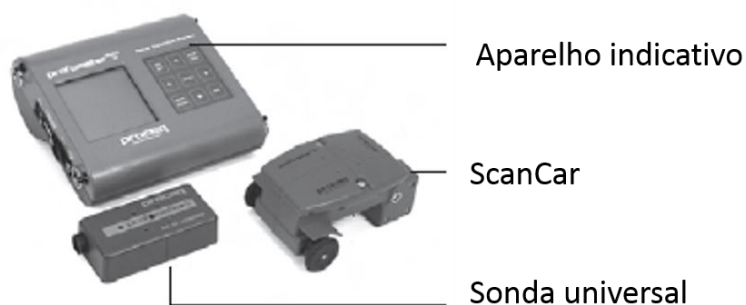


Figura 3.2 – Constituintes do Modelo *Scanlog*[6]

Ao executar a leitura com o aparelho é visível o aumento de uma barra de fluxo, sempre que este se aproxima de um varão, bem como a apresentação do valor atual de recobrimento. Quando o aparelho

está em cima do varão o valor do recobrimento é memorizado num retângulo pequeno no canto inferior direito.

No método utilizado foi necessário pressionar a tecla “↑” de forma a ser executada a leitura do valor do varão. Para se saber que se estava por cima de um varão, o equipamento emitia um sinal sonoro.

No display (Figura 3.3) para além dos valores de recobrimento e da barra de fluxo, também são apresentados o ultimo diâmetro encontrado após pressionar a tecla “↑”, o valor do sinal, o diâmetro pré-indicado, o número do objeto em que está memorizada a análise (que será necessário saber para leitura no computador) e o espaçamento limite se indicado pelo utilizador.

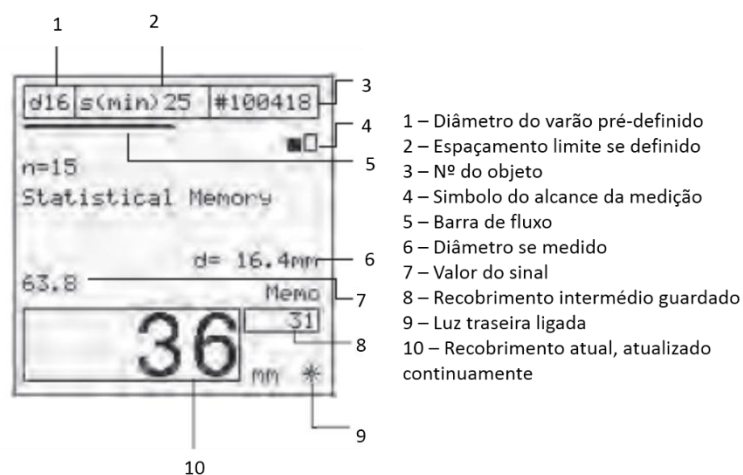


Figura 3.3 – Display do *Profometer*[6]

Existe já no mercado uma versão mais atual deste aparelho mas visto que na empresa o equipamento disponível era desta versão, todos os ensaios foram executados com este.

Para os ensaios foi usado o método de “*Scanning Bars*”, para mais fácil manuseamento e deteção das armaduras, sendo que foi auxiliado com o *ScanCar*, para melhor execução das passagens nas leituras uma vez que permite uma linha mais linear[6].

3.2.2 Profoscope

Este equipamento foi criado para trabalhos simples e executáveis com uma só mão, no entanto todas as funções deste aparelho podem ser ativadas com o auxílio de somente duas teclas, uma de função e outra de navegação.

Este equipamento é compacto, leve e de manuseio fácil, o que o torna muito útil para uso em locais de obras.

O *Profoscope* (Figura 3.4) é capaz de localizar os varões de forma rápida e eficaz, sendo mais rápida a localização dos varões quando comparado com outros equipamentos.

Este equipamento utiliza um impulso eletromagnético induzido de forma a conseguir detetar os varões. O aparelho é constituído de bobinas que ao serem periodicamente carregadas por impulsos magnéticos vão originar um campo magnético que permite a deteção de armaduras.

Através de diferentes combinações de bobinas este equipamento consegue obter a localização dos varões, a localização do ponto médio entre dois varões paralelos, a determinação da profundidade do varão (recobrimento) e estimar o valor do diâmetro do varão[7].

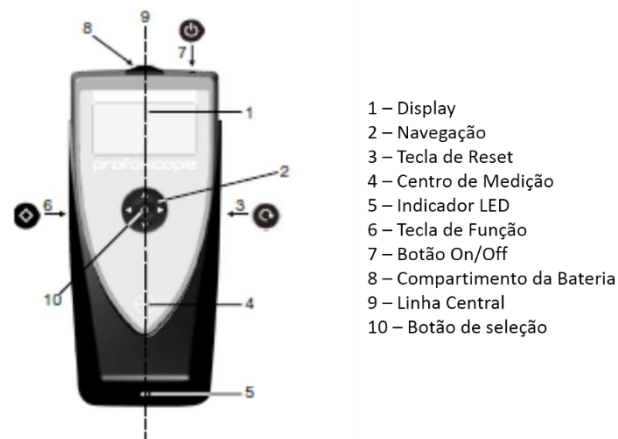


Figura 3.4 – Setup do Profoscope[7]

Durante a realização da deteção é apresentado no display do aparelho uma “mira” que se desloca para a esquerda ou direita dependendo do sentido da leitura. Juntamente com essa “mira” é também apresentada uma seta no canto inferior esquerdo que se encontra para cima caso se esteja a aproximar (Figura 3.5) de um varão ou para baixo caso se esteja a afastar (Figura 3.6).

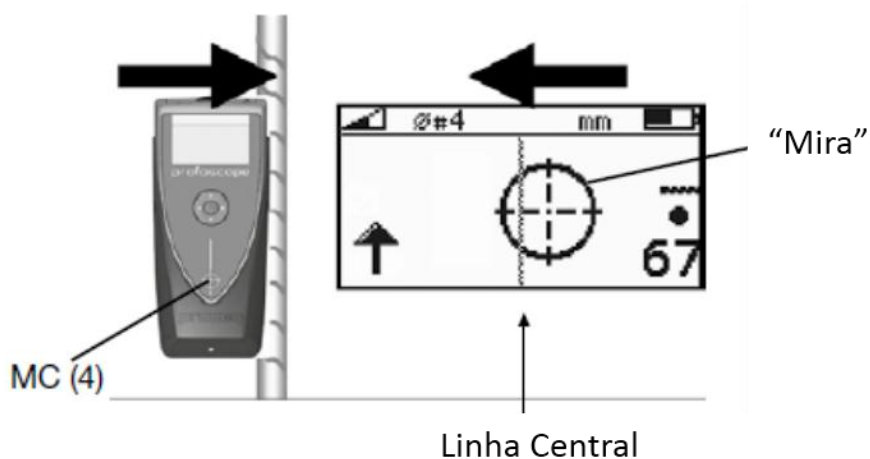


Figura 3.5 – Aproximação de um varão[7]

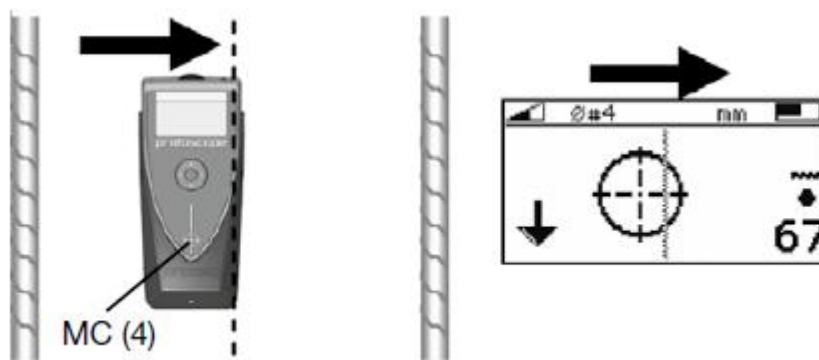


Figura 3.6 – Afastamento do varão e aproximação do ponto médio entre varões[7]

Quer esteja no ponto médio entre varões quer esteja por cima de um varão, a “mira” apresentada no display estará sempre na linha central, sendo que quando o aparelho se encontra por cima de um varão uma luz vermelha estará ligada e é emitido um sinal sonoro.

3.2.3 Ferroskan PS200S

Este equipamento (Figura 3.7) é usado para detecção e localização dos varões presente na camada superior do betão armado assim como o seu diâmetro, sendo que também pode fazer a medição do recobrimento desses varões.

Apresenta vários modos de detecção dependendo do trabalho exigido sendo que é um grande auxílio quando se pretende manter intacta a estrutura.



Figura 3.7 – Equipamento de leitura e Monitor[8]

Os modos de detecção são o “Quickscan”, o “Imagescan” e o “Blockscan”.

O modo “*Quickscan*” permite que seja encontrado a localização do varão e a sua profundidade (recobrimento do betão), mas não nos indica o diâmetro do varão, necessitando que este valor seja introduzido manualmente de forma a ter uma deteção mais precisa da profundidade.

Para execução do modo “*Imagescan*” é utilizado como auxílio uma grelha de referência que será colocada na zona de estudo. Essa grelha tem como dimensões 60 cm por 60 cm. No caso de dimensões da zona de estudo superiores leva a que sejam executados mais modos. Os dados obtidos deste modo são transferidos para o Monitor, podendo assim passar-se à análise da zona de estudo. Assim para além da profundidade é possível também achar o diâmetro do varão bem como a localização do mesmo. Os dados podem também ser transferidos para o computador para ser possível executar a análise tal como no Monitor.

O modo “*Blockscan*” utiliza também as grelhas de referência como auxílio no ensaio da zona de estudo sendo executado vários “*Imagescan*” até um conjunto de 3x3 de “*Imagescan*”. As zonas de estudo têm de ser todas contíguas umas com as outras. Tal como dito anteriormente a análise pode ser feita no Monitor ou no computador, sendo que desta vez são unidos todos os “*Imagescan*” executados formando uma imagem maior para análise.

De forma a ser executado um ensaio mais preciso é necessário ter em atenção a distância mínima entre varões ser de 36mm, assim como uma profundidade mínima de 10mm[9].

Nestes ensaios foi usado o modo de deteção “*Imagescan*” (Figura 3.8), pois é um modo mais simples de executar, em vez do “*Blockscan*” porque se pretendia determinar o diâmetro dos varões do betão armado em estudo e o recobrimento da camada de betão.

Neste aparelho, após seleção do modo “*Imagescan*”, era apresentada uma grelha 4x4 (Figura 3.9) onde uma seta indicava a direção em que seria iniciada a leitura.

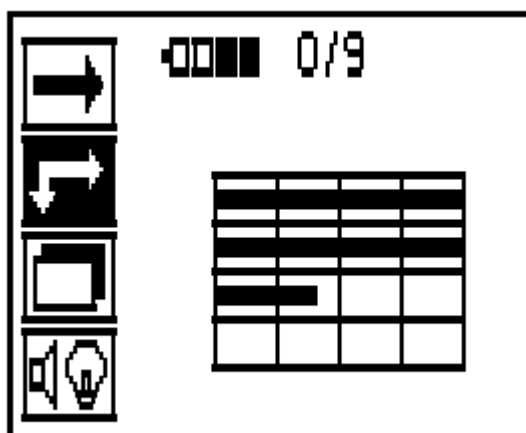


Figura 3.8 – Modo “*Imagescan*”[9]

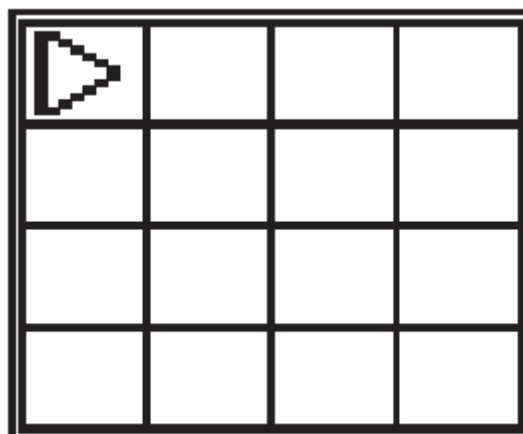


Figura 3.9 – Grelha 4x4 para registo da leitura[9]

Após isto será necessário colocar o equipamento no local exato da grelha de referência (Figura 3.10), e pressionar a tecla de registo (Figura 3.11) para iniciar a leitura.

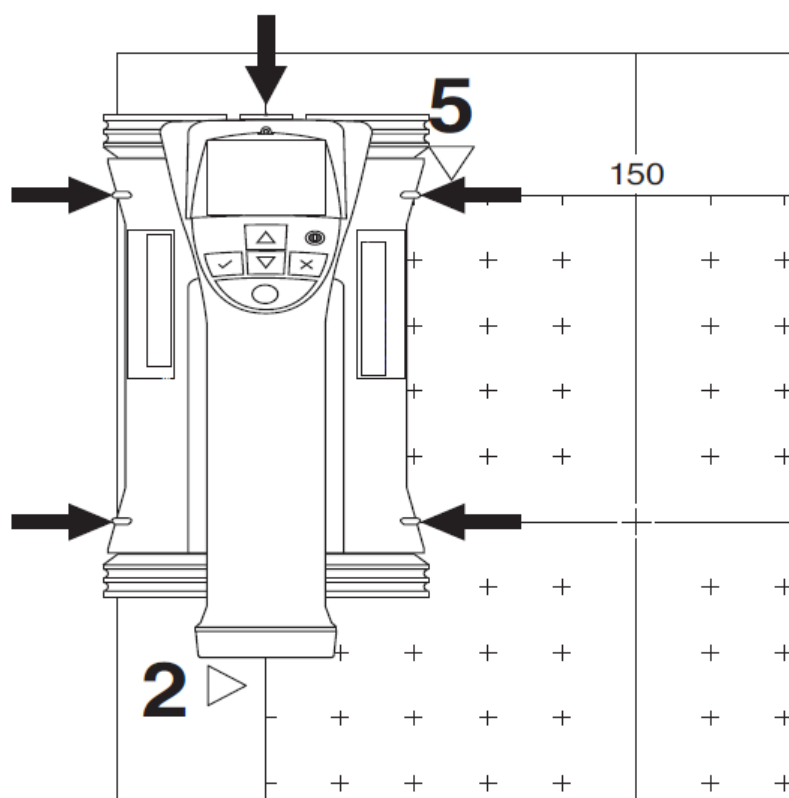
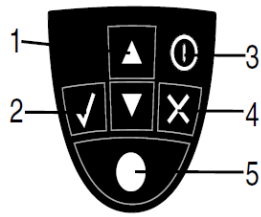


Figura 3.10 – Posicionamento do equipamento na grelha de referência[9]



①	Teclas de seta	Para deslocar para cima e para baixo pelas opções ou valores.
②	Tecla de confirmação	Para confirmar um valor ou uma selecção.
③	Tecla Ligar/Desligar	Para ligar e desligar a ferramenta.
④	Tecla de cancelamento	Para cancelar uma introdução, interromper uma linha de medição ou retroceder no menu.
⑤	Tecla de registo	Para iniciar/cancelar um registo.

Figura 3.11 – Teclas do aparelho[9]

Ao iniciar-se a leitura é emitido um sinal sonoro uma vez, no final dessa linha da análise é emitido duas vezes (Figura 3.12).

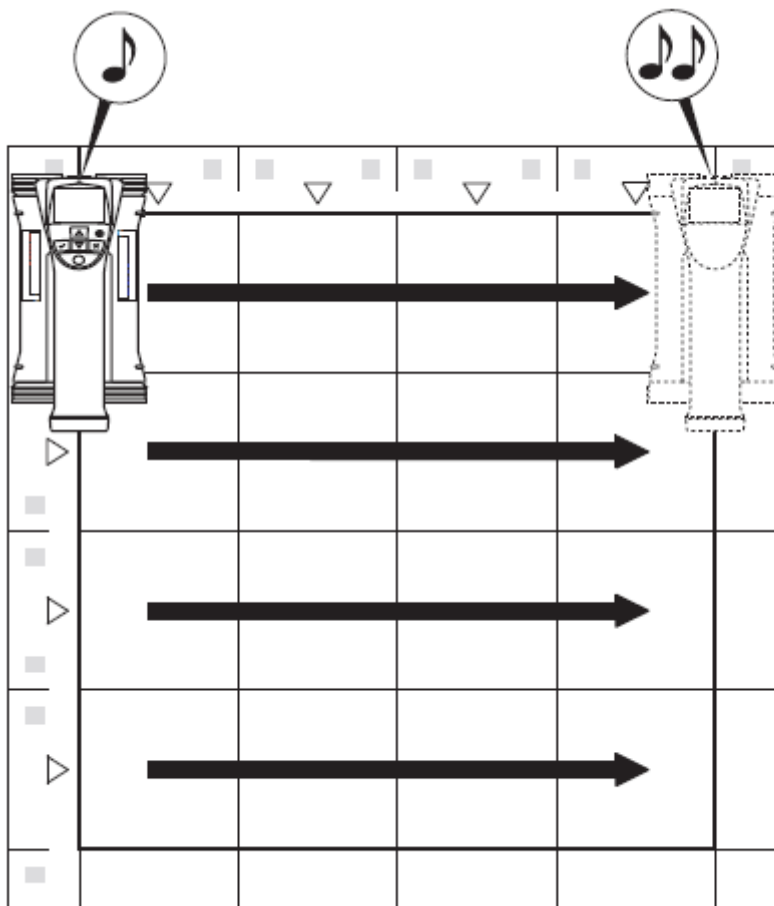


Figura 3.12 – Emissão dos sinais sonoros[9]

Este processo é repetido até preenchimento total da grelha 4x4 (Figura 3.13).

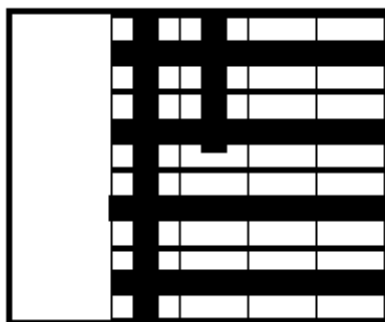


Figura 3.13 – Preenchimento da grelha[9]

Ao terminar a leitura é armazenada a análise no aparelho, sendo possível um armazenamento até 9 “Imagescans”, antes de se transferir para o Monitor ou computador de forma a se executar a análise dos resultados.[9]

CAPÍTULO 4

TRABALHOS DESENVOLVIDOS – ENSAIOS LABORATORIAIS

4.1 TRABALHO EXECUTADO DURANTE O ESTÁGIO

Para além do tema proposto do relatório, também foram executados outros trabalhos no decorrer do estágio, como o acompanhamento de ensaios realizados de forma a obter um melhor conhecimento dos ensaios assim como um melhor conhecimento do funcionamento da empresa e do mundo de trabalho.

Durante este capítulo são dados a conhecer ensaios realizados na empresa quer em laboratório quer em campo, assim como os ensaios acompanhados e descrição de alguns desses ensaios.

4.2 ENSAIOS REALIZADOS PELA EMPRESA

A Senqual, como já foi referido anteriormente, realiza ensaios em diversas áreas e materiais sendo de destacar alguns dos que houve um maior acompanhamento durante o estágio:

4.2.1 Ensaios em agregados

- Análise granulométrica - Método de peneiração (EN 933-1)
- Ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles (LNEC E 237)
- Determinação do índice de alongamento (B.S. 812 Part 105.2)
- Determinação do índice volumétrico (LNEC E 223)
- Determinação das massas volúmicas e da absorção de água de areias (NP 954)
- Determinação da forma das partículas - Índice de achatamento (EN 933-3)
- Determinação da forma das partículas - Índice de forma (EN 933-4)
- Determinação do teor de finos - Ensaio do equivalente de areia (EN 933-8)
- Determinação da massa volúmica do fíler - Método do Picnómetro (NP EN 1097-7)
- Determinação da resistência ao desgaste (Micro-Deval) (NP EN 1097-1)

- Determinação da resistência à fragmentação (Los Angeles) (NP EN 1097-2)
- Determinação da baridade seca máxima - Ensaio de compactação Proctor (EN 13286-2)

4.2.2 Ensaaios em cimentos

- Cimentos. Determinação das resistências mecânicas. (NP EN 196-1)
- Cimentos. Determinação do calor de hidratação. (LNEC E 68)
- Cimentos. Determinação da perda ao fogo. (NP EN 196-2:Secção 4.4.1)
- Cimentos. Determinação do sulfato. (NP EN 196-2:Secção 4.4.2)
- Cimentos. Determinação dos cloretos (NP EN 196-2:Secção 4.5.16)
- Cinzas. Determinação da perda ao fogo. (NP EN 196-2:Secção 4.4.1)
- Cinzas. Determinação do sulfato. (NP EN 196-2:Secção 4.4.2)
- Cinzas. Determinação dos cloretos. (NP EN 196-2:Secção 4.5.16)

4.2.3 Ensaaios em betões

- Ensaio de compressão (LNEC E 226)
- Resistência à penetração da água (ISO 7031)
- Dosagem de fibras no betão reforçado com fibras (NP EN 14488-7)
- Determinação do módulo de elasticidade (DIN 1048-5)
- Determinação da retração e expansão de betões (LNEC E 398)
- Determinação da absorção de água por capilaridade. (LNEC E 393)
- Profundidade da penetração da água sob pressão (NP EN 12390-8)
- Deteção de armaduras (BS 1881:Part 204)
- Determinação da absorção de água por imersão. Ensaio no vácuo. (LNEC E 395)
- Determinação da permeabilidade ao oxigénio (LNEC E 392)

4.2.4 Ensaios em solos

- Análise granulométrica (LNEC E 196)
- Ensaio de compactação (LNEC E 197)
- Determinação do CBR (LNEC E 198)
- Determinação do teor em água (NP 84)
- Ensaio de equivalente de areia (LNEC E 199)
- Ensaio de expansibilidade (LNEC E 200)

4.3 ENSAIOS ACOMPANHADOS

Durante o estágio existiu a possibilidade de fazer o acompanhamento de ensaios realizados pela empresa. Neste subcapítulo serão descritos alguns dos ensaios que tiveram um maior acompanhamento.

4.3.1 Resistência à compressão de provetes

Um aspeto muito importante das características do betão armado é a resistência à compressão proporcionada pelo mesmo, visto que a sua principal função nas estruturas de betão armado é resistir às tensões de compressão[5].

Para que seja conhecido o valor dessa resistência é necessário o ensaio em provetes através de uma solicitação axial, sendo que se tem de tratar de um ensaio rápido o que levará a que seja necessário existir uma velocidade de carregamento elevada à qual estará sujeito o betão. Existem vários fatores que poderão colocar em causa a resistência medida no ensaio, o que levou a que se executassem métodos de ensaio normalizados para que seja assim evitado haver muita influência dos fatores aquando a análise dos resultados da medição[5].

A resistência à compressão no betão é uma propriedade que não é constante sendo que está relacionado com o tempo das reações de hidratação. Assim sendo, foi necessário estabelecer especificações para que os resultados obtidos tenham em conta determinadas características. Essas especificações foram feitas para que a resistência à compressão seja determinada sobre moldes cilíndricos ou cúbicos (Figura 4.1) em condições saturadas, encontram-se descritas na NP EN 12390-3.

O processo de determinação encontra-se normalizado de modo a que o resultado obtido do ensaio seja o pretendido. O betão é classificado, tendo em conta a sua resistência à compressão, através de classes de resistência.

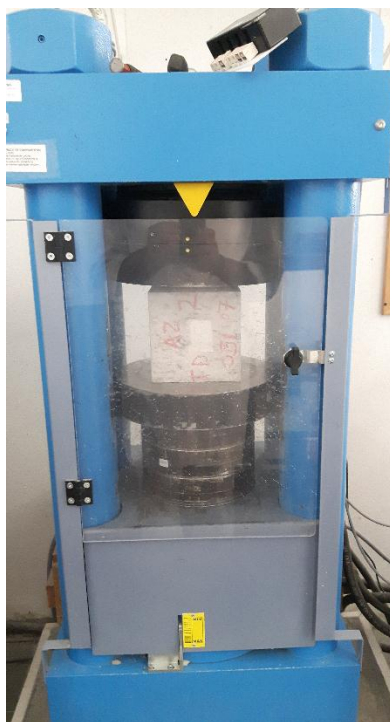


Figura 4.1 – Ensaio de resistência à compressão

Após conclusão do ensaio é possível conhecer a tensão de rotura média do provete ensaiado e saber se está de acordo com os requisitos de resistência inicialmente planeado, aquando o planeamento da obra. Também é possível assegurar se foi obtida uma rotura satisfatória ou não, de acordo com a norma do ensaio. Assim, é possível assegurar ao cliente o controlo da qualidade e a fiabilidade do betão utilizado na obra.

4.3.2 Resistência à tração

Outra característica importante do betão é a resistência à tração devido à aderência das armaduras e à fendilhação. Esta característica é medida através de provetes prismáticos tracionados ou então por flexão de prismas ou compressão diametral de cilindros[5].

4.3.2.1 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral dos provetes

Este ensaio está descrito na norma NP EN 12390-6 e tem como base a determinação de resistência à tração de um provete de betão por compressão diametral de provetes cilíndricos. A resistência é medida através do posicionamento de um provete numa prensa sendo então aplicada uma força de compressão num alinhamento da face lateral do provete cilíndrico, que depois se fratura devido à tração. Como está exemplificado na figura 4.2, durante o ensaio é colocado o provete cilíndrico num suporte próprio, permitindo assim um posicionamento e aplicação de carga no alinhamento correto.



Figura 4.2 – Provede submetido à compressão diametral

Assim sendo, está assegurado o controlo de qualidade e a fiabilidade do betão transmitindo a conformidade ao cliente.

4.3.3 Ensaio de absorção de água por capilaridade

O processo de determinação da absorção de água por capilaridade é definido pelo LNEC através da especificação E393.

Este ensaio tem como finalidade determinar a quantidade de água absorvida por um provete ao longo de um certo período de tempo. Por capilaridade entende-se a penetração de um fluido no betão através de sucção induzida pela estrutura da porosidade do betão.

Os provetes usados para o ensaio podem ser moldados ou obtidos por corte, devendo ter no mínimo um volume de $0,001 \text{ m}^3$, podendo a secção ser quadrada ou cilíndrica, tendo de preferência o diâmetro de 150mm e altura mínima o dobro do diâmetro.

O provete é mantido em condições devidamente controladas, estando durante 14 dias em estufa a uma temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo colocado num recipiente com água a 5mm da base (Figura 4.3) para realização do ensaio. Antes da colocação dos provetes será determinada a massa seca de cada um, sendo que se repete a pesagem após 3 horas, 6 horas, 24 horas, 72 horas depois do início do ensaio, analisando assim a absorção por capilaridade através da diferença da massa inicial e no decorrer do ensaio. Finaliza-se o ensaio através de um ensaio à tração por compressão diametral, observando assim a forma da superfície molhada.

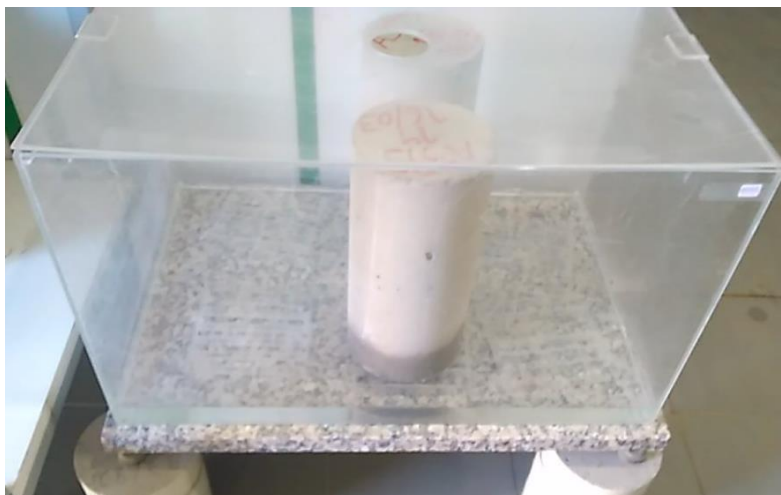


Figura 4.3 – Provede de betão submetido ao ensaio de absorção de água

Este ensaio foi realizado com grande frequência durante o estágio sendo os provetes provenientes da barragem da Caniçada.

Neste ensaio é fundamental ter em conta a influência significativa provocada pelo tipo de provete ensaiado (moldado ou caroteado) aquando da análise dos resultados obtidos. Se por vezes acontecer que a ascensão capilar alcance o topo do provete, o ensaio não é validado.

4.3.4 Ensaio de determinação da dosagem de fibras

O ensaio é executado tendo em conta os conteúdos da norma NP EN 14488-7, sendo o objetivo do mesmo determinar a quantidade de fibras presentes num provete de betão caroteado de uma placa de betão projetado.

Inicialmente é necessário desfragmentar o provete para analisar a quantidade de fibras nele inserido, sendo para tal submetido à compressão na prensa e de seguida com o auxílio de um martelo desfragmentar o provete até que se consiga separar todas as fibras, podendo elas ser metálicas ou poliméricas.

Durante este ensaio é necessário especial cuidado para não se perder material durante a desfragmentação e separação das fibras.

Para determinação da dosagem é comparada a massa das fibras extraídas com o volume do provete, sendo que cada ensaio é feito através de 3 provetes e no final é feita uma média de resultados para cada um dos provetes. O objetivo para o cliente é saber se as fibras estão em conformidade com o pedido feito ao fornecedor do betão.

4.3.5 Determinação da absorção de energia em placas de betão projetado reforçado com fibras

Este ensaio tem como objetivo determinar a capacidade de absorção de energia em resposta a uma carga submetida na placa de betão armado reforçado com fibras. Este provete de laje é submetido a uma carga através de um bloco rígido com ponto de aplicação no centro da laje (Figura 4.4). O ensaio decorre até ser obtida uma flecha de 30mm no centro da laje, a uma velocidade de 1mm/min, tendo assim o ensaio uma duração de 30 minutos.

Durante o estágio foram ensaiadas varias placas sendo elas constituídas por betão projetado com fibras metálicas ou de polietileno, para o controlo de qualidade e do estudo das soluções mais favoráveis a executar na obra do Túnel de Águas Santas.

Este ensaio está descrito na norma NP EN 14488-5. A partir da curva de carga/flecha é possível realizar o traçado do diagrama de energia em função do deslocamento. O resultado do ensaio é o valor da energia que é necessária de forma a se conseguir uma deformação na placa de betão de 25mm.



Figura 4.4 – Ensaio de carga em placa

4.3.6 Ensaio de análise granulométrica

Uma análise granulométrica é executada de forma a ser possível efetuar uma distribuição das partículas de solo ou agregados, até 63mm de dimensão, sendo assim possível obter uma curva de caracterização das dimensões da amostra.

O ensaio está descrito na norma NP EN 933-1 sendo o seu objetivo a determinação da massa parcial retida em cada um dos peneiros utilizados (intervalos de 0.063mm, 0.125mm, 0.250mm, 0.5mm, 1mm, 2mm, 4mm, 8mm, 16mm, 31.5mm, 63mm). No final é executado o cálculo da massa retida acumulada nos peneiros, sendo de seguida traçada uma curva granulométrica (Figura 4.5). Neste ensaio é necessário ter um grande cuidado durante a preparação da amostra e também durante a peneiração para não haver uma grande perda de material e colocar em risco a veracidade da análise.

Este ensaio foi um dos que muitas vezes se realizaram durante o estágio em agregados, britas e areias, vindas de pedreiras e de obras nas quais a SENQUAL efetua controlo de qualidade.

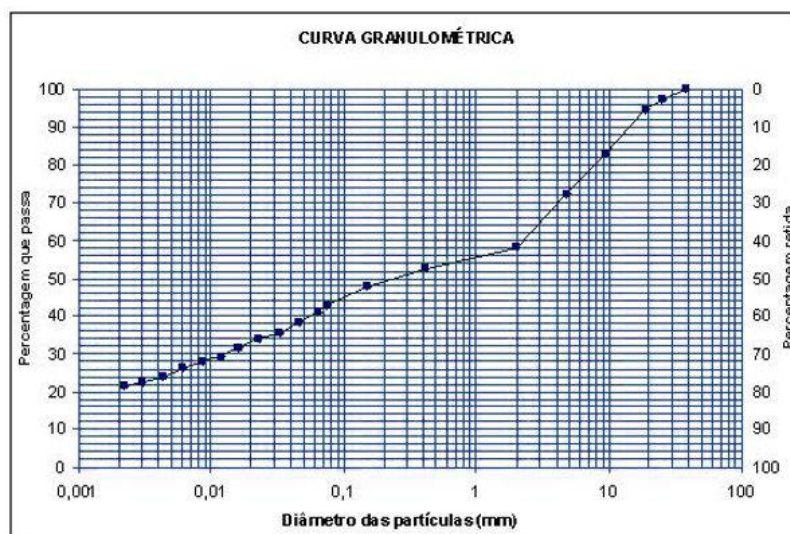


Figura 4.5 – Exemplo de uma curva granulométrica [10]

4.3.7 Ensaio de índice de forma

Este ensaio é executado após ser feita uma análise granulométrica sendo que o material já se encontra separado em várias frações. A norma NP EN 933-4 descreve este ensaio, sendo o objetivo a avaliação individual das partículas de uma amostra de agregado grosso. Para classificar as amostras é necessário relacionar o comprimento e a espessura de cada amostra da fração analisada através de um paquímetro de forma (Figura 4.6).

A forma está relacionada com as características geométricas das amostras, podendo ser arredondada, angulosa ou achatada. Índice de forma está relacionado com a média da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado, ponderada pela quantidade de grãos que compõe cada fração, sendo que o comprimento é medido pela maior dimensão possível do grão, e a espessura a menor distância possível entre planos paralelos.

Durante o estágio este ensaio era realizado na avaliação de britas produzidas numa pedreira.



Figura 4.6 – Paquímetro de forma para ensaio do índice de forma[1]

4.3.8 Ensaio de índice de achatamento

O ensaio, assim como o índice de forma, é executado estando já a amostra separada em várias frações e tendo já sido realizada a análise granulométrica. É descrito na norma NP EN 933-3, onde cada fração retida é peneirada novamente em peneiros de barras, para retenção das partículas não achatadas com a finalidade de executar uma relação entre a massa total e a massa achatada. O objetivo deste ensaio é a determinação da percentagem de partículas achatadas numa amostra de um determinado agregado.

Assim como o ensaio de índice de forma, este foi realizado durante o estágio para fazer o controlo a britas provenientes duma pedreira.

CAPÍTULO 5

DETEÇÃO DE ARMADURAS EM LABORATÓRIO

5.1 PREPARAÇÃO DOS MODELOS DE ENSAIO

Para verificar o desempenho dos equipamentos foi utilizada uma placa de betão móvel (Figura 5.1) que tinha sido executado aquando do trabalho realizado pela Ana Seabra [1].



Figura 5.1 – Placa móvel onde foi executada a deteção[1].

Essa placa de betão não contém nenhum tipo de armaduras e tem como altura 30 mm. O sistema para a deteção de dimensões 1.0x0.5 m² é composto por uma caixa de madeira, uma esponja de 30 mm colocada no fundo da caixa e a placa de betão que cobrirá a esponja.

Essa placa visto ser móvel permite que sejam colocados em cima da esponja os vários varões disponíveis para executar a deteção podendo ser de diâmetros variados sendo eles 8, 10, 12, 16, 20, 25 e 32 mm.

A esponja foi colocada para que, para além de não influenciar os valores obtidos do ensaio, permita aos varões colocados em cima desta não se deslocarem ao longo da caixa de madeira, o que faria com que os espaçamentos fossem distintos aos espaçamentos pretendidos de analisar.

Através do auxílio de uma fita métrica foi possível que os espaçamentos estivessem de acordo com os espaçamentos planeados para esse esquema.

Para colocar os varões era sempre necessário remover a placa de betão visto que não havia nenhuma abertura na caixa para executar a introdução dos varões.

5.2 EXECUÇÃO DA DETEÇÃO EM LABORATÓRIO

Tendo em conta as conclusões obtidas pelo trabalho executado pela aluna Ana Seabra no ano letivo 2015/2016 [1] foram definidos vários esquemas para confirmação das conclusões obtidas usando outros equipamentos.

As conclusões obtidas têm influência na precisão dos resultados fazendo com que esses sejam piores sendo necessária a confirmação da sua influência. Sendo assim, foram escolhidas as seguintes conclusões para fazer essa confirmação:

- O diâmetro do varão seja grande, como por exemplo varões de 32 mm, e a distância entre os varões seja pequena, nomeadamente 5 cm;
- Exista um varão de diâmetro pequeno (8 ou 10 mm) entre outros de diâmetro grande (32 ou 25 mm) e a distância entre eles seja pequena, nomeadamente 5 cm;
- O cruzamento entre varões de diâmetro superior com varões de diâmetro inferior;
- A não utilização da correção dos varões vizinhos nos espaçamentos de 5 e 10 cm.

Para obtenção de resultados foram utilizados 3 equipamentos diferentes: *Profometer*, *Profoscope* e *Ferrosan*.

Foi tido em conta o erro verificado de +/- 2mm no equipamento *Profometer 5+* e também foram executados ensaios com a correção dos varões vizinhos e sem essa mesma correção para se verificar as alterações entre o uso ou não dessa correção.

Os equipamentos *Profometer 5+* e *Profoscope* permitem a utilização de uma correção dos varões vizinhos. A correção dos varões vizinhos é utilizada em casos onde o espaçamento entre varões é reduzido e normalmente os valores dos diâmetros obtidos são elevados e os seus recobrimentos são reduzidos sendo que esta correção foi executada em varões paralelos (no caso em estudo) e assim proporciona uma medição mais aproximada da realidade do que sem a correção. Isto é algo onde também foi feita a sua verificação embora só fosse possível em varões com espaçamentos inferiores a 13 cm, inclusive.

Devido às limitações da grelha de 60 cm do equipamento *Ferrosan* da *Hilti* foram executados em alguns esquemas mais de um “*imagescan*” de forma a ser possível verificar a sua precisão e a influência das alterações de espaçamentos, sendo que também não tem a hipótese de correção dos varões vizinhos.

Foram então executados 5 esquemas de raiz tendo em conta as conclusões também ditas anteriormente.

Em cada esquema testado foi mencionado a razão principal da escolha desse esquema e a conclusão retirada do esquema estudado.

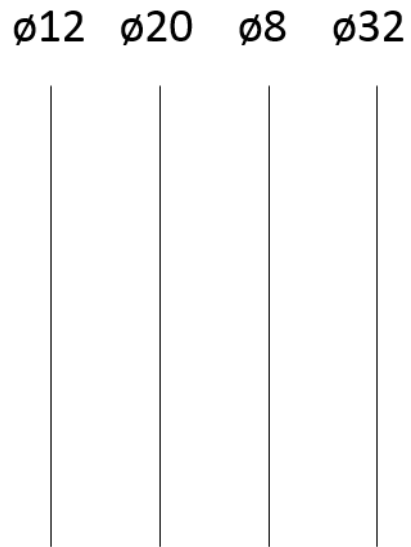
5.2.1 Esquema 1

Figura 5.2 – Esquema 1

Este esquema foi escolhido para confirmação dos valores dos diâmetros de varões serem mais difíceis de se obter com exatidão quando estamos na presença de um varão menor no meio de dois maiores. Para essa confirmação foram feitas leituras com vários espaçamentos (5, 10, 15 e 20 cm) com cada um dos equipamentos para confirmação dos resultados.

Foram feitas leituras nos 2 sentidos, sendo que com os espaçamentos de 5 e 10 cm foram executadas correções nos espaçamentos dos varões vizinhos. Entre parêntesis encontram-se os valores de recobrimentos dos varões.

Tabela 5.1 – Valores obtidos pelo *Profometer* do Esquema 1

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda				
Diâmetro real			12	20	8	32	12	20	8	32	
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	-	16.5 (30)	-	22 (29)	-	16.2 (30)	-	22.0 (29)	
		s/ correção	-	22.9 (30)	-	31.4 (29)	-	23.2 (30)	-	31.9 (31)	
	10 cm	c/ correção	11.1 (38)	18.0 (32)	9.3 (38)	28.3 (28)	11.2 (38)	17.6 (32)	8.9 (38)	27.7 (27)	
		s/ correção	11.7 (38)	19.0 (32)	9.5 (38)	30.6 (28)	11.6 (38)	18.9 (32)	9.6 (38)	30.3 (28)	
	15 cm			11.5 (37)	18.8 (32)	<7 (38)	30.3 (27)	11.2 (37)	18.7 (32)	<7 (38)	29.8 (27)
	20 cm			10.1 (38)	17.4 (32)	<7 (40)	28.7 (27)	11.1 (37)	18.6 (32)	<7 (39)	29.3 (27)

Tabela 5.2 – Valores obtidos pelo *Profoscope* do Esquema 1

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda				
Diâmetro real			12	20	8	32	12	20	8	32	
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	14 (35)	16 (31)	-	22 (28)	14 (35)	16 (31)	20 (35)	22 (28)	
		s/ correção	18 (33)	25 (29)	-	32 (27)	18 (33)	25 (29)	32 (33)	32 (27)	
	10 cm	c/ correção	12 (36)	20 (31)	11 (38)	32 (27)	12 (37)	20 (31)	11 (38)	32 (27)	
		s/ correção	12 (36)	20 (31)	11 (38)	32 (27)	12 (36)	20 (31)	11 (38)	32 (27)	
	15 cm			12 (36)	18 (31)	8 (38)	32 (26)	12 (36)	18 (31)	8 (38)	32 (26)
	20 cm			12 (36)	18 (31)	8 (40)	32 (26)	12 (36)	18 (31)	7 (40)	32 (26)

Tabela 5.3 – Valores obtidos pelo *Ferrosfan* do Esquema 1

Método		<i>Imagescan</i>			
Diâmetro real		12	20	8	32
Espaçamento (cm)	5 cm	-	-	-	20 (35)
	10 cm	10 (36)	20 (35)	10 (37)	30 (34)
	15 cm	8 (32)	20 (35)	8 (34)	30 (34)
	20 cm	10 (34)	20 (34)	10 (36)	30 (33)

Como foi possível verificar, quando temos presente um varão com diâmetro menor entre dois com diâmetros muito superiores, não é possível determinar o diâmetro com rigor tendo-se verificado que com 5 e 10 cm de espaçamento são influenciados ou até nem possíveis de determinar, embora que com 10 cm de espaçamento o valor apresentado pelo *Profometer* esteja entre o erro estimado do aparelho que foi verificado no trabalho executado anteriormente com o *Profometer*.

Também se verificaram dificuldades de leitura ou exatidão quando os varões se encontram muito próximos (5 cm de espaçamento) o que não acontece à medida que se vai aumentando de espaçamento entre varões paralelos, uma vez que os valores não são tão precisos quando se faz análise sem correção em diâmetros e espaçamentos menores, ao contrario dos valores apresentados sem correção em diâmetros maiores.

Neste esquema escolhido verificou-se que entre os 3 equipamentos utilizados os melhores resultados foram obtidos com o auxílio do *Profoscope* visto que os diâmetros se encontram mais próximos dos valores reais dos varões.

5.2.2 Esquema 2

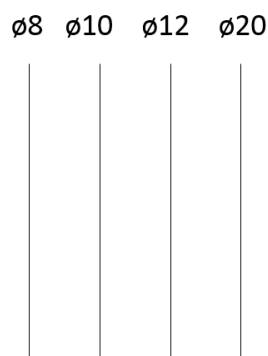


Figura 5.3 – Esquema 2

Este esquema foi executado para verificação do funcionamento dos diversos aparelhos em casos onde estão varões colocados de forma crescente ou decrescente, dependendo do sentido da leitura.

Tal como previamente executado foram feitas leituras em espaçamentos de 5, 10, 15 e 20 cm, sendo que em 5 e 10 cm foram executadas com correção dos varões vizinhos e sem essa correção.

Tabela 5.4 – Valores obtidos pelo *Profometer* do Esquema 2

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda			
Diâmetro real			8	10	12	20	8	10	12	20
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	9,5 (41)	9,6 (39)	13,3 (38)	15,8 (35)	9,1 (40)	9,5 (39)	12,6 (38)	15,3 (35)
		s/ correção	9,6 (39)	13,3 (37)	17,5 (35)	21,7 (33)	10,2 (38)	12,7 (37)	17,8 (35)	21,6 (33)
	10 cm	c/ correção	<7 (40)	9,3 (38)	11,8 (37)	18,2 (32)	<7 (41)	9 (38)	11,5 (37)	18,2 (32)
		s/ correção	<7 (40)	9,7 (38)	11,8 (37)	19,3 (32)	<7 (40)	9,5 (38)	11,2 (37)	19,4 (32)
	15 cm		<7 (41)	9,8 (38)	11,4 (36)	19,2 (31)	<7 (42)	9,4 (38)	11,1 (36)	18,9 (31)
	20 cm		<7 (40)	9,3 (37)	10,7 (35)	18,3 (31)	<7 (41)	9,2 (37)	11,1 (35)	19 (31)

Tabela 5.5 – Valores obtidos pelo *Profoscope* do Esquema 2

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda			
Diâmetro real			8	10	12	20	8	10	12	20
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	8 (41)	10 (39)	14 (36)	16 (34)	8 (41)	10 (39)	14 (36)	16 (34)
		s/ correção	12 (38)	14 (36)	18 (34)	22 (31)	12 (38)	14 (36)	18 (34)	22 (31)
	10 cm	c/ correção	8 (40)	11 (37)	12 (35)	20 (31)	8 (41)	11 (37)	12 (35)	20 (31)
		s/ correção	8 (40)	11 (37)	12 (35)	20 (31)	8 (41)	11 (37)	12 (35)	20 (31)
	15 cm		7 (41)	10 (37)	12 (35)	20 (30)	8 (41)	11 (37)	12 (35)	20 (30)
	20 cm		7 (41)	10 (37)	12 (34)	20 (30)	7 (41)	10 (37)	12 (34)	18 (30)

Tabela 5.6 – Valores obtidos pelo *Ferrosfan* do Esquema 2

Método		<i>Imagescan</i>			
Diâmetro real		8	10	12	20
Espaçamento (cm)	5 cm	10 (48)	-	-	-
	10 cm	8 (35)	12 (38)	12 (36)	20 (34)
	15 cm	8 (37)	8 (33)	10 (33)	16 (32)
	20 cm	8 (37)	10 (34)	12 (33)	16 (31)

Neste esquema pode-se concluir que na utilização dos equipamentos da *Proceq*, quando presentes espaçamentos muito baixos e não usando a correção dos varões vizinhos, a detecção de varões apresenta valores muito diferentes dos valores exatos em varões pequenos. Enquanto usando a correção, mesmo com espaçamentos pequenos, os valores de diâmetro dos varões obtidos, em grande parte dos casos, são mais próximos dos valores exatos.

Quer um aparelho quer outro têm um bom desempenho quando presente este tipo de esquema.

No caso do aparelho fornecido pela *Hilti* verificou-se mais uma vez que quando existe espaçamentos muito pequenos é muito difícil a sua leitura e à medida que se aumenta de espaçamento é possível detetar melhor os varões todos e o seu diâmetro.

Neste esquema os equipamentos da *Proceq* apresentam um melhor desempenho uma vez que se aproximam mais dos valores exatos dos varões que o da *Hilti*, sendo que, mais uma vez, o *Profoscope* apresenta resultados mais aproximados.

5.2.3 Esquema 3

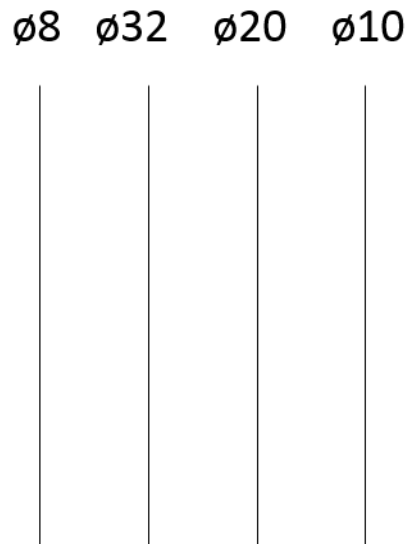


Figura 5.4 – Esquema 3

Este esquema foi escolhido de forma a analisar o comportamento dos equipamentos na identificação de dois varões de diâmetro superior dispostos lado a lado ($\varnothing 32$ e $\varnothing 20$) entre dois varões de menor diâmetro ($\varnothing 8$ e $\varnothing 10$). Pretendia-se também analisar se a colocação um varão de diâmetro muito inferior ao lado de um com o diâmetro muito superior ($\varnothing 8$ e $\varnothing 32$).

Tal como anteriormente foram feitas leituras nos 4 espaçamentos, sendo que com 5 e 10 cm de espaçamento foi usada a correção de varões vizinhos.

Tabela 5.7 – Valores obtidos pelo *Profometer* do Esquema 3

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda			
Diâmetro real			8	32	20	10	8	32	20	10
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	-	24,6 (30)	-	10,8 (40)	-	24,4 (30)	-	8,8 (40)
		s/ correção	-	34,1 (29)	-	14,6 (38)	-	37,2 (28)	-	15,0 (37)
	10 cm	c/ correção	7,2 (41)	27,9 (29)	18,8 (32)	9,9 (36)	7,5 (41)	28,1 (30)	18,7 (32)	10,2 (37)
		s/ correção	7,2 (41)	31,1 (30)	20,3 (32)	10,2 (37)	7,3 (41)	30,7 (30)	20 (32)	9,9 (36)
	15 cm		<7 (41)	29,8 (30)	18,6 (31)	8,9 (36)	7,5 (40)	30,4 (30)	19 (31)	9 (36)
	20 cm		<7 (40)	30,3 (29)	19,1 (31)	8,8 (36)	<7 (40)	30,4 (29)	18,6 (31)	8,9 (35)

Tabela 5.8 – Valores obtidos pelo *Profoscope* do Esquema 3

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda			
Diâmetro real			8	32	20	10	8	32	20	10
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	-	28 (29)	-	11 (40)	-	28 (29)	-	11 (39)
		s/ correção	-	40 (27)	-	14 (36)	-	40 (27)	-	14 (36)
	10 cm	c/ correção	9 (41)	32 (28)	20 (31)	11 (36)	9 (41)	32 (28)	20 (31)	11 (36)
		s/ correção	9 (41)	32 (28)	20 (31)	11 (36)	9 (41)	32 (28)	20 (31)	11 (36)
	15 cm		8 (41)	32 (29)	20 (30)	11 (35)	8 (41)	32 (29)	20 (30)	11 (35)
	20 cm		8 (41)	32 (28)	20 (30)	11 (35)	8 (40)	32 (28)	20 (30)	11 (35)

Tabela 5.9 – Valores obtidos pelo *Ferrosfan* do Esquema 3

Método		<i>Imagescan</i>			
Diâmetro real		8	32	20	10
Espaçamento (cm)	5 cm	-	-	-	6 (35)
	10 cm	8 (36)	28 (35)	16 (33)	8 (32)
	15 cm	10 (37)	30 (35)	20 (34)	10 (33)
	20 cm	14 (41)	30 (35)	20 (33)	14 (36)

Neste esquema verificou-se que só com valores muito baixos de espaçamentos é que o facto de termos dois varões de diâmetro elevados afeta a leitura dos equipamentos, uma vez que só um dos varões é que é detetado pelo equipamento.

Para além de que os valores detetados com correção dos varões vizinhos são mais precisos que quando detetados sem correção.

Quanto maior o espaçamento melhor os resultados apresentados pelos equipamentos e mais precisos são esses resultados.

No equipamento da *Hilti* verificou-se que os varões de diâmetros muito superiores influenciam o valor dos diâmetros inferiores quando colocas um ao lado do outro.

O equipamento que apresentou melhores resultados foi o *Profoscope* embora o *Profometer* também tenha apresentado valores bastante próximos aos valores reais.

5.2.4 Esquema 4

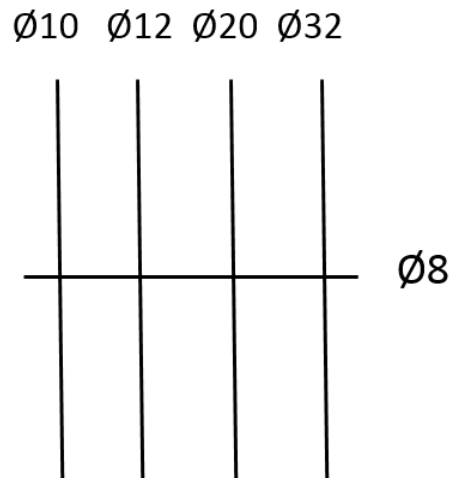


Figura 5.5 – Esquema 4

Este esquema foi escolhido para ver o desempenho dos equipamentos se ao fazer o cruzamento entre um varão de dimensão inferior com varões presentes na placa de betão irá afetar ou não a precisão dos resultados obtidos.

Foram efetuadas leituras nos 4 espaçamentos possíveis sendo que com os espaçamentos de 5 e 10 cm foi feito leituras com correção dos varões vizinhos e sem correção.

Tabela 5.10 – Valores obtidos pelo *Profometer* do Esquema 4

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda			
Diâmetro real			10	12	20	32	10	12	20	32
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	8,7 (44)	17,3 (40)	21,6 (36)	22,5 (33)	8,5 (44)	13,4 (41)	22,3 (36)	22,6 (33)
		s/ correção	12,3 (40)	19,8 (39)	-	33,4 (31)	12,2 (40)	16,7 (38)	-	33,2 (31)
	10 cm	c/ correção	9,0 (44)	12,6 (43)	19,0 (36)	27,9 (32)	9,7 (45)	12,4 (44)	19,7 (37)	27,4 (33)
		s/ correção	9,7 (46)	13,2 (45)	21,4 (37)	34,1 (33)	9,0 (43)	11,7 (42)	20,4 (37)	29,3 (32)
	15 cm		9,5 (51)	13,1 (51)	20,8 (45)	30,9 (38)	9,2 (50)	11,4 (49)	18,6 (43)	31,3 (37)
	20 cm		9,5 (47)	11,9 (46)	19,2 (39)	30,3 (35)	8,2 (48)	10,8 (46)	18,6 (39)	29,7 (35)

Tabela 5.11 – Valores obtidos pelo *Profoscope* do Esquema 4

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda			
Diâmetro real			10	12	20	32	10	12	20	32
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	9 (42)	12 (39)	20 (34)	22 (31)	8 (42)	12 (39)	20 (35)	22 (31)
		s/ correção	11 (39)	16 (36)	32 (32)	32 (29)	10 (39)	14 (36)	28 (32)	32 (29)
	10 cm	c/ correção	11 (46)	14 (44)	22 (38)	32 (33)	10 (46)	12 (45)	20 (38)	32 (34)
		s/ correção	11 (46)	14 (44)	22 (38)	32 (33)	10 (46)	12 (45)	20 (38)	32 (33)
	15 cm		10 (52)	12 (50)	20 (44)	32 (38)	10 (52)	12 (51)	18 (45)	32 (37)
	20 cm		10 (48)	12 (45)	20 (38)	32 (34)	9 (48)	11 (45)	18 (39)	32 (34)

Tabela 5.12 – Valores obtidos pelo *Ferrosfan* do Esquema 4

Método		<i>Imagescan</i>				
Diâmetro real		10	12	20	32	Estribo 8
Espaçamento (cm)	5 cm	6 (42)	-	6 (32)	8 (28)	6 (31)
	10 cm	8 (38)	8 (37)	14 (37)	28 (39)	6 (32)
	15 cm	8 (42)	8 (41)	16 (42)	25 (44)	6 (30)
	20 cm	8 (42)	8 (39)	20 (41)	28 (39)	6 (30)

Este esquema apresenta resultados semelhantes ao esquema 2 uma vez que as diferenças foram o acréscimo de um varão horizontal e o uso de outros varões mas na mesma de forma crescente.

Nota-se que os resultados alcançados quando se trata do equipamento da *Hilti* também conseguem ser próximos dos varões reais quando aumentando o espaçamento e que varões de diâmetros muito próximos com espaçamentos muito baixos não é detetado um deles.

5.2.5 Esquema 5

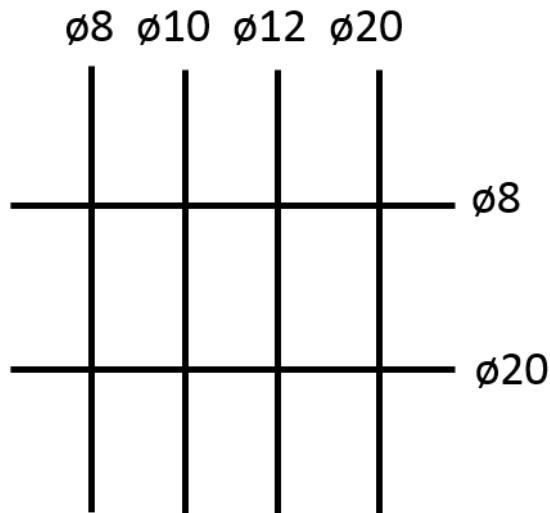


Figura 5.6 – Esquema 5

Este esquema foi escolhido para verificação da precisão dos resultados com a presença de um estribo com diâmetro inferior e outro com diâmetro superior. Os estribos estão separados por 20 cm e os espaçamentos entre varões paralelos serão variados, sendo estudados os espaçamentos de 5, 10, 15 e 20 cm, com a utilização de leituras com correção e sem correção dos varões vizinhos nos casos dos espaçamentos de 5 e 10 cm. As leituras foram realizadas a meio da placa entre os dois estribos colocados.

Tabela 5.13 - Valores obtidos pelo *Profometer* do Esquema 5

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda			
Diâmetro real			8	10	12	20	8	10	12	20
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	-	-	-	14,4 (48)	-	-	-	13,7 (47)
		s/ correção	-	-	-	26,8 (47)	-	-	-	22,2 (44)
	10 cm	c/ correção	7,2 (53)	9,8 (51)	12,3 (48)	17,7 (44)	9,2 (54)	10,5 (52)	12,8 (49)	18,3 (43)
		s/ correção	9,2 (53)	13,4 (53)	16,4 (50)	22,9 (45)	7,4 (52)	10,9 (50)	13,4 (47)	19,3 (42)
	15 cm		8,3 (52)	11,2 (51)	13,6 (50)	22,3 (45)	8,7 (53)	10,6 (50)	12 (48)	19,2 (42)
	20 cm		10,8 (50)	12,7 (50)	15,0 (53)	20,8 (44)	9,6 (51)	12,2 (44)	12,9 (44)	19,6 (41)

Tabela 5.14 – Valores obtidos pelo *Profoscope* do Esquema 5

Sentidos			Esquerda para direita				Direita para esquerda			
Diâmetro real			8	10	12	20	8	10	12	20
Espaçamento (cm)	5 cm	c/ correção	9 (57)	11 (54)	-	16 (48)	-	12 (54)	-	16 (49)
		s/ correção	14 (52)	16 (50)	-	25 (45)	14 (51)	16 (50)	-	25 (45)
	10 cm	c/ correção	10 (53)	12 (51)	14 (49)	20 (44)	10 (54)	12 (52)	14 (49)	20 (43)
		s/ correção	9 (54)	12 (51)	14 (48)	20 (43)	10 (54)	12 (52)	14 (49)	20 (43)
	15 cm		11 (53)	12 (50)	14 (48)	20 (41)	10 (53)	12 (51)	14 (49)	20 (43)
	20 cm		11 (51)	12 (50)	14 (49)	22 (42)	12 (49)	12 (49)	14 (49)	22 (41)

Tabela 5.15 – Valores obtidos pelo *Ferrosfan* do Esquema 5

Método		<i>Imagescan</i>					
Diâmetro real		8	10	12	20	Estribo 8	Estribo 20
Espaçamento (cm)	5 cm	-	-	-	12 (52)	6 (32)	16 (32)
	10 cm	8 (48)	8 (47)	8 (45)	14 (44)	6 (32)	20 (33)
	15 cm	8 (48)	8 (47)	8 (45)	20 (47)	6 (30)	16 (30)
	20 cm	8 (40)	8 (38)	8 (39)	16 (42)	6 (32)	20 (33)

Neste esquema tendo em comparação o esquema 2 (visto os varões serem idênticos) nota-se que a existência dos dois varões horizontais influencia os valores reais dos diâmetros.

Nota-se que, com estes dois varões adicionais, em espaçamentos menores se torna mais difícil a deteção dos varões menores.

Com o equipamento *Ferrosfan* a deteção neste esquema não foi tão bem conseguida como noutros esquemas visto que, os resultados obtidos não corresponderem aos varões exatos que estão no esquema e apresentam valores iguais entre si exceto o varão de 20mm de diâmetro.

Neste esquema o equipamento *Profometer* foi o que apresentou um funcionamento mais eficaz quando comparando os varões reais e os resultados obtidos pelos equipamentos.

CAPÍTULO 6

DETEÇÃO DE ARMADURAS EM OBRA

Para melhor avaliação do desempenho de cada equipamento realizou-se uma campanha de ensaios num edifício em construção de forma a podermos executar a deteção dos varões e assim verificar se os equipamentos apresentam um bom desempenho ou não quando estamos presentes numa obra e sem inicialmente se conhecer as soluções de armadura existentes.

A obra visitada foi uma moradia unifamiliar, na qual a SENQUAL auxilia através de controlo de betão.

Nessa obra foram executadas leituras em paredes e pilares de forma a verificar o desempenho dos equipamentos sendo que os elementos inspeccionados foram os seguintes:

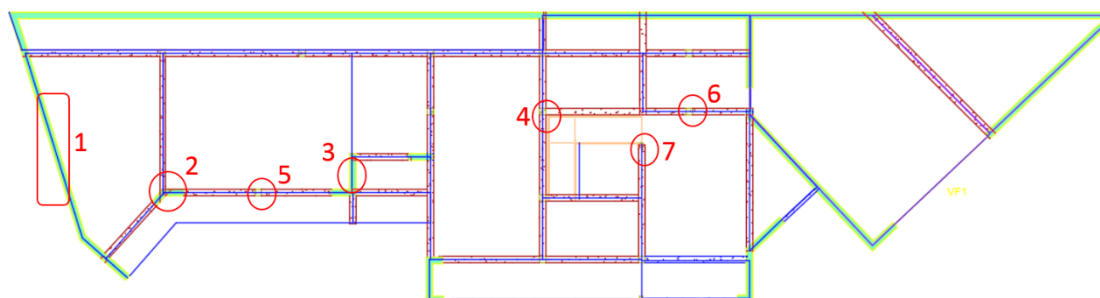


Figura 6.1 – Localização dos elementos seleccionados

Legenda:

- 1 – Parede exterior
- 2 – Parede de canto 1
- 3 – Parede de canto 2
- 4 – Pilar 1 (P1)
- 5 – Pilar 3 (P1)
- 6 – Pilar 2 (P1)
- 7 – Pilar 4 (P3)

As paredes exteriores tinham como componentes varões de 10mm com espaçamento de 0.2m e estribos de 8mm espaçados a 0.2m como está demonstrado na figura 6.7.

Parede de betão

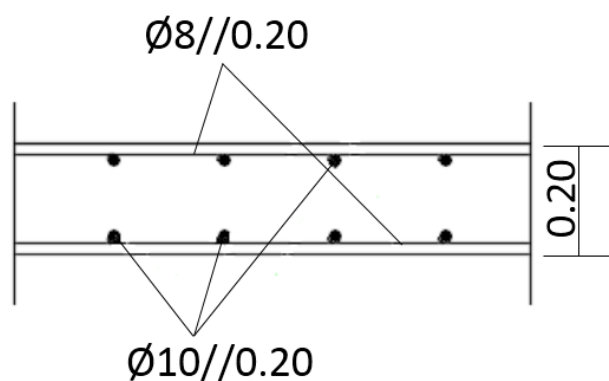


Figura 6.2 – Esquema das paredes de betão

Já os pilares tinham diferentes composições sendo que foram inspecionados os pilares P1 e P3. Esses pilares (figura 6.8) tinham diversos valores de dimensões (figura 6.9).

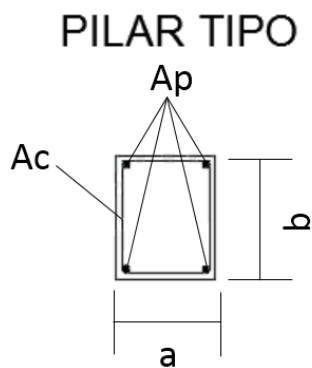


Figura 6.3 – Esquema de armaduras dos pilares

Pilar	a (cm)	b (cm)	Armadura	
			A _p	A _c
P1	25	25	4ø16	ø6//0.15
P2	25	25	4ø12	ø6//0.14
P3	ø20		8ø12	ø6//0.14
P4	15	15	4ø12	ø6//0.14
P5	100	20	5ø16/face	ø8//0.20

Figura 6.4 – Tabela das dimensões e composições de cada pilar

6.1 ENSAIOS EXECUTADOS

Na primeira visita à obra em estudo não existia nenhum dado relativo aos varões inseridos nos elementos sendo que em alguns deles foram executadas deteções sem que existisse termo de comparação como foi o caso dos elementos 1, 2, 3 e 4 (parede exterior, parede de canto 1, parede de canto 2 e pilar 1 respetivamente)

6.1.1 Zona de estudo – Parede exterior face 1

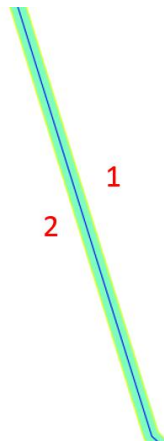


Figura 6.5 – Parede exterior

CAPÍTULO 6

Estribo: $\phi 8 // 0.20$

Diâmetro dos varões: $\phi 10 // 0.20$

Resultados

Profometer:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	6º varão	7º varão	8º varão	9º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	22,2 (39)	22,4 (40)	19,1 (37)	20,4 (41)	20,1 (40)	15,2 (41)	19,0 (40)	15,1 (40)	17,8 (41)	13,2 (40)	12,6 (34)

Profoscope:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	6º varão	7º varão	8º varão	9º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	25 (40)	25 (40)	25 (38)	25 (40)	32 (39)	18 (41)	32 (38)	22 (39)	22 (40)	16 (39)	16 (39)

Ferrosan:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	6º varão	7º varão	8º varão	9º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	25 (35)	25 (37)	25 (35)	20 (36)	20 (41)	20 (41)	20 (40)	20 (38)	20 (38)	6 (33)	6 (28)

Ao analisar os resultados em relação aos varões confirma-se resultados semelhantes entre eles, no entanto os valores obtidos em relação aos estribos são muito diferentes no caso dos equipamentos *Profometer* e *Profoscope*, quando comparando com o valor do estribo no local.

Sendo assim confirma-se que neste caso não há nenhum equipamento que demonstre claramente apresentar um melhor desempenho sendo que todos os 3 equipamentos apresentam desempenhos semelhantes na zona em estudo

6.1.2 Zona de estudo – Parede de canto 1 face 1

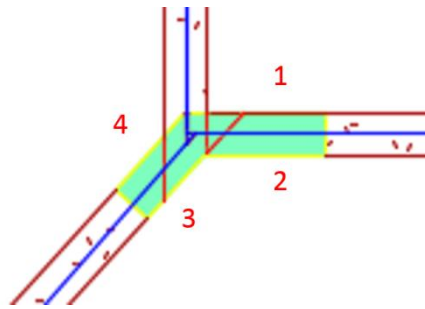


Figura 6.6 – Parede de canto 1

Estribo: $\phi 8 // 0.20$

Diâmetro dos varões: $\phi 10 // 0.20$

Resultados

Profometer:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	10,1 (20)	12,1 (23)	12,7 (35)	10,2 (41)	7,3 (23)	8,4 (25)

Profoscope:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	12 (22)	14 (25)	16 (35)	18 (45)	16 (20)	18 (19)

Ferrosan:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	10 (19)	10 (25)	10 (34)	10 (44)	8 (20)	6 (21)

Ao fazer a análise dos varões comparando com os resultados obtidos com a parede exterior obtém-se resultados diferentes sendo que nesta zona de estudo o equipamento *Profoscope* apresentou, dos três equipamentos, os resultados piores quando comparando com o valor exato dos varões.

Ao analisar os estribos o *Profoscope* apresenta também valores muito irrealistas em comparação aos valores exatos dos varões, ao contrário que os outros dois equipamentos apresentam valores muito próximos dos valores exatos.

Conclui-se que os equipamentos *Profometer* e *Ferrosfan* apresentam um bom desempenho nesta zona de estudo ao contrário do *Profoscope* que não teve um desempenho conforme o esperado.

6.1.3 Zona de estudo – Parede de canto 2 face 1

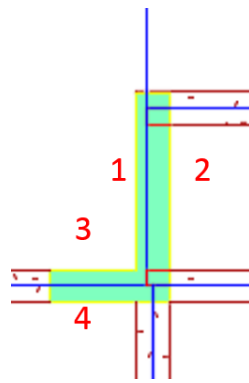


Figura 6.7 – Parede de canto 2

Estribo: $\phi 8 // 0.20$

Diâmetro dos varões: $\phi 10 // 0.20$

Resultados

Profometer:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	9,6 (44)	14,5 (42)	13,4 (42)	11,1 (42)	11,5 (41)	14,8 (42)	16,7 (42)

Profoscope:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	16 (52)	32 (49)	40 (50)	32 (50)	40 (50)	20 (40)	18 (44)

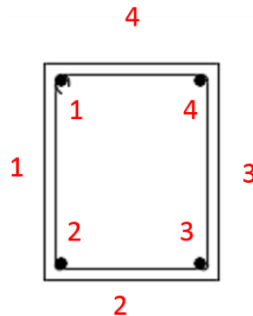
Ferroskan:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	12 (47)	8 (47)	8 (46)	8 (43)	8 (43)	6 (37)	6 (35)

Nesta zona de estudo o equipamento que apresentou melhor desempenho foi o *Ferroskan* visto que os resultados obtidos são mais próximos dos valores exatos ao contrário dos outros dois equipamentos.

Também nesta zona de estudo o *Profoscope* apresentou um desempenho muito pobre e abaixo do desempenho esperado aquando a análise em laboratório. O *Profometer* teve um desempenho razoável sendo que não foi tao bom quanto o *Ferroskan* na zona analisada, viste que o *Profoscope* teve valores próximos e alguns dispares dos valores exatos.

6.1.4 Zona de estudo – Pilar 1



Estribo: $\phi 6 // 0.15$

Diâmetro dos varões: $4\phi 16$

Resultados

Profometer:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	Face1 – 11,1 (30)	Face1 – 11,9 (27)	Face2 – 13,9 (47)	Face3 – 17,7 (43)	14,5 (27)	10,5 (30)
	Face4 – 16,6 (33)	Face2 – 15,4 (47)	Face3 – 17,1 (50)	Face4 – 18,7 (43)		

Profoscope:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	Face1 – 18 (36)	Face1 – 18 (32)	Face2 – 22 (44)	Face3 – 28 (48)	14 (28)	18 (33)
	Face4 – 18 (32)	Face2 – 25 (49)	Face3 – 32 (53)	Face4 – 20 (41)		

Ferrosan:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	Face1 – 16 (30)	Face1 – 10 (33)	Face2 – 12 (42)	Face3 – 10 (42)	8 (24)	8 (28)
	Face4 – 10 (36)	Face2 – 12 (49)	Face3 – 12 (51)	Face4 – 16 (49)		

Neste local de estudo ao analisar os varões verifica-se que o *Profometer* consegue apresentar valores mais próximos dos exatos do que os valores apresentados pelos outros dois equipamentos. No entanto ao analisar os estribos o *Ferrosan* é o equipamento que apresenta os valores mais próximos.

Conclui-se então que os equipamentos apresentam resultados semelhantes, embora os valores do *Profoscope* se afastem mais dos valores exatos em relação aos outros dois equipamentos

6.1.5 Zona de estudo – Pilar 2

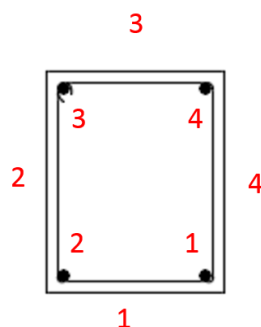


Figura 6.8 – Pilar 2

Estribo: $\phi 6 // 0.15$

Diâmetro dos varões: $4\phi 16$

Resultados

Profometer:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	Face1 – 8,1 (38)	Face1 – 8,7 (39)	Face2 – 11,1 (37)	Face3 – 13,4 (45)	14,8 (43)	11,8 (40)
		Face2 – 10,5 (39)	Face3 – 11,5 (43)			

Profoscope:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	Face1 – 20 (41)	Face1 – 18 (39)	Face2 – 18 (35)	Face3 – 20 (43)	18 (36)	20 (38)
		Face2 – 18 (38)	Face3 – 20 (45)			

Ferroscaan:

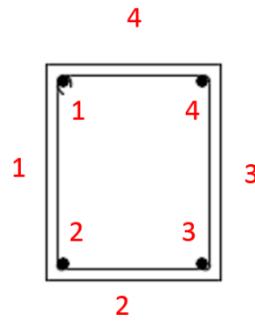
Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	Face1 – 12 (37)	Face1 – 12 (40)	Face2 – 12 (34)	Face3 – 10 (42)	8 (31)	6 (32)
		Face2 – 12 (35)	Face3 – 14 (45)			

Neste pilar os resultados do *Profoscope* aproximam-se mais dos valores exatos tratando-se dos varões localizados, visto que analisando os valores obtidos em relação aos estribos mais uma vez o *Ferroscaan* apresentou os valores mais próximos dos exatos fazendo a comparação dos três equipamentos.

Já os valores obtidos pelo *Profometer* afastam-se muito dos valores exatos presentes neste pilar, algo que não aconteceu em locais anteriores.

Concluiu-se então que o *Profoscope* apresentou um desempenho melhor embora o desempenho do *Ferroscaan* não seja muito mau.

6.1.6 Zona de estudo – Pilar 3



Estribo: $\phi 6 // 0.15$

Diâmetro dos varões: $4\phi 16$

Resultados

Profometer:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2	Estribo 3	Estribo 4
Resultados	Face1 – 13,2 (29)	Face1 – 14,7 (30)	Face2 – 10,1 (42)	Face3 – 12,3 (41)	14,8 (29)	11,3 (30)	11,4 (30)	12,3 (30)
		Face2 – 13,3 (42)	Face3 – 11,4 (42)					

Profoscope:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2	Estribo 3	Estribo 4
Resultados	Face1 – 18 (33)	Face1 – 18 (30)	Face2 – 22 (46)	Face3 – 20 (48)	18 (30)	16 (31)	16 (32)	18 (32)
		Face2 – 25 (53)	Face3 – 22 (46)					

Ferrosan:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	Estribo 1	Estribo 2	Estribo 3	Estribo 4
Resultados	Face1 – 6 (28)	Face1 – 6 (24)	Face2 – 14 (48)	Face3 – 16 (50)	6 (23)	6 (24)	6 (24)	6 (23)
		Face2 – 6 (46)	Face3 – 8 (48)					

Neste local o *Ferroskan* e o *Profometer* apresentaram um desempenho abaixo dos desempenhos anteriores sendo que o *Ferroskan* só apresentou valores semelhantes quando se analisou os estribos inseridos nos pilares.

Os valores obtidos com o *Profoscope* encontraram-se mais próximos dos valores exatos quando se trata dos varões, uma vez que os valores obtidos na análise dos estribos foram valores completamente dispares dos valores exatos desses estribos.

Concluiu-se que o *Profoscope* foi o equipamento que apresentou melhor desempenho embora na análise dos estribos o *Ferroskan* tenha obtido os valores exatos dos estribos.

6.1.7 Zona de estudo – Pilar 4

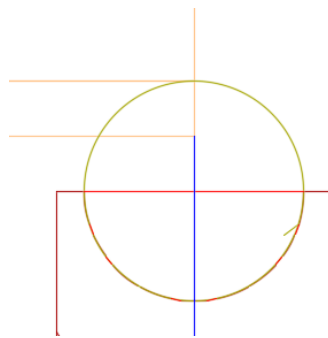


Figura 6.9 – Pilar 4

Estribo: $\phi 6 // 0.14$

Diâmetro dos varões: $8\phi 12$

Resultados

Profometer:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	6º varão	7º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	11,5 (28)	13,5 (30)	8,5 (35)	<7 (36)	<7 (39)	9,1 (31)	9,7 (30)	18,9 (27)	16,8 (27)

Profoscope:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	6º varão	7º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	16 (28)	20 (30)	32 (50)	25 (55)	22 (50)	22 (44)	16 (37)	20 (32)	20 (38)

Ferrosfan:

Varões	1º varão	2º varão	3º varão	4º varão	5º varão	6º varão	7º varão	Estribo 1	Estribo 2
Resultados	8 (34)	8 (25)	12 (28)	8 (47)	8 (46)	8 (48)	6 (26)	6 (29)	6 (14)

Neste pilar usando o *Ferrosfan* obteve-se os valores mais próximos dos valores exatos dos elementos constituintes do pilar, sendo que o *Profoscope* apresentou valores completamente absurdos quando comparando com análises anteriores com o mesmo.

Os resultados obtidos pelo *Profometer* não foram muito distantes dos valores exatos quando tratando-se dos varões, uma vez que quando tratando-se dos estribos os valores são bastante distantes dos valores exatos.

Concluiu-se que o *Ferrosfan* apresentou o melhor equipamento, sendo que os valores quer do *Profoscope* quer do *Profometer* possam ter sido influenciados pelo facto de se tratar de um pilar circular, algo que não foi possível analisar mais concretamente.

6.2 CONCLUSÃO FINAL

No final os resultados obtidos mostram que quando se tratam de paredes os equipamentos apresentam um bom desempenho e consegue-se assim obter valores próximos dos varões que se encontram nesse local, sendo que nos pilares por vezes é mais difícil obter o valor exato.

Dos três equipamentos não existiu nenhum equipamento que tenha tido claramente um desempenho melhor do que os outros sendo que os valores foram variando dependo do elemento que foi analisado tendo por vezes o *Ferrosfan* um desempenho melhor, e noutras vezes o *Profoscope* ou o *Profometer* tiveram um desempenho melhor.

Em relação aos recobrimentos obtidos houve em alguns casos uma grande discordância entre os três equipamentos e também alguns casos em que os valores obtidos são muito improváveis de serem os exatos sendo mais evidente no estudo do pilar 4 as diferenças dos valores entre os equipamentos.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 CONCLUSÕES

Durante o estágio foi possível estabelecer um contacto com o mundo empresarial e situações de trabalho do dia-a-dia, que não é possível obter durante o percurso académico, sendo então necessário a aplicação de conhecimentos adquiridos bem como a aprendizagem de novos conhecimentos.

Também foi possível a compreensão do modo de atuar de uma empresa no ramo da engenharia civil bem como a preparação que se deve fazer de forma a ser possível evitar quaisquer problemas ou imprevistos que possam vir a acontecer.

Para tal é necessário que exista um controlo de materiais a ser executado por empresas especializadas e da forma mais correta possível de forma a evitar problemas futuros nas obras executados e problemas para as empresas em questão.

Aquando a realização dos ensaios de deteção de armaduras é necessário ter em conta todos os fatores que podem influenciar os resultados dos ensaios.

Para tal não acontecer é necessária uma boa inspeção ao local e também um cuidado aquando da preparação dos ensaios para que todos os fatores adversos sejam evitados. Para além disto é sempre vantajoso repetir ensaios em pontos diferentes em que as armaduras sejam as mesmas de forma a ser possível comparar os resultados assim como a veracidade dos resultados obtidos.

Dos equipamentos utilizados não existiu nenhum que demonstrasse um desempenho melhor em relação aos restantes quer nos ensaios em laboratório quer em obra visto que em determinadas situações um aparelho funcionou melhor e noutras situações já foi outro equipamento a ter um melhor desempenho.

O grau de precisão dos valores obtidos pelos equipamentos foi variando conforme o caso de estudo sendo que na maior parte das vezes foi bastante preciso e existiu situações em que a precisão foi melhor num determinado equipamento em relação aos outros dois.

Também se pode concluir que os equipamentos podem ser um grande auxílio na detecção de armaduras visto que para além de dar o local exato, também nos auxilia com o valor do recobrimento o que ajuda aquando da suspeita de desintegração do betão nesse local.

Uma contrariedade encontrada foi a limitação do uso do *Ferroskan*, visto só ser permitida a análise em grelhas de 60 x 60 cm, levando a que para áreas com dimensões maiores seja necessário executar mais que uma análise no mesmo local.

7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo em conta todo o trabalho desenvolvido durante o estágio e devido ao tempo do mesmo houve aspetos que não se conseguiram analisar de forma a perceber melhor o desempenho dos equipamentos. Sendo assim sugerem-se alguns dos possíveis desenvolvimentos futuros que ajudarão a perceber melhor o desempenho dos equipamentos:

- A análise em estruturas com algum grau de desintegração do betão e com estado de conservação mau, com a finalidade de verificar a influência nos resultados obtidos;
- A análise executada com aparelhos de medição de potencial de corrosão e/ou resistividade elétrica e de que forma varões com sinais de corrosão influenciam a leitura dos mesmos.
- Determinar a influência ou não da existência de armaduras na face oposta à de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Seabra, “Desenvolvimento de um manual de procedimentos de um equipamento de deteção de armaduras no âmbito de estágio,” 2016.
- [2] SENQUAL, “Senqual - Na vanguarda da tecnologia,” 2017. [Online]. Available: www.senqual.pt. [Accessed: 01-Mar-2017].
- [3] Maisnorte, “Barragem do Tua - Iniciativa dos produtores de vinho do Douro não consegue travar construção da EDP.” [Online]. Available: <http://www.maisnorte.pt/news/barragem-do-tua-iniciativa-dos-produtores-de-vinho-do-douro-nao-consegue-travar-construcao-da-edp>. [Accessed: 13-Oct-2017].
- [4] C. Rodrigues, “Apontamentos da disciplina de Inspeção e Reforço de Estruturas,” Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016.
- [5] A. Costa and J. Appleton, *Materiais - Parte II*. 2002.
- [6] Proceq SA, “Profometer 5+ Modell S / SCANLOG - Rebar Detection System: Operating Instructions,” 2007.
- [7] Proceq SA, “Profoscope - Operating Instructions,” 2015.
- [8] U. Instrument Services, “US-Instrument services.” [Online]. Available: <http://www.us-instrument.com/hilt-ps-200-ferroscan-system>. [Accessed: 13-Oct-2017].
- [9] Hilti, “PS 250/PS 200 S - Manual de instruções,” 2015.
- [10] ECIVIL, “ECIVIL descomplicando a engenharia.” [Online]. Available: <http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-curva-granulometrica.html> [Accessed: 31-Oct-2017].