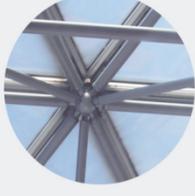
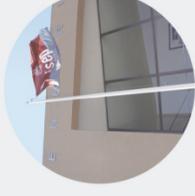




# DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL DE PROCEDIMENTOS DE UM EQUIPAMENTO DE DETEÇÃO DE ARMADURAS NO ÂMBITO DE ESTÁGIO

**ANA CATARINA RESENDE SEABRA**

novembro de 2016



# DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL DE PROCEDIMENTOS DE UM EQUIPAMENTO DE DETEÇÃO DE ARMADURAS NO ÂMBITO DE ESTÁGIO

ANA CATARINA RESENDE SEABRA  
Outubro de 2016



**DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL DE PROCEDIMENTOS DE UM  
EQUIPAMENTO DE DETEÇÃO DE ARMADURAS NO ÂMBITO DE ESTÁGIO**

ANA CATARINA RESENDE SEABRA

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

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES**

Orientador: Professora Eunice Maria Vilaverde Fontão

Supervisor: Doutora Cristina Alves Ribeiro (SENQUAL)

**OUTUBRO DE 2016**



# ÍNDICE GERAL

Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Abreviaturas .....	xxi
1. Introdução.....	1
2. Empresa.....	3
3. Estágio .....	9
4. Análise do desempenho de um equipamento de deteção de armaduras.....	17
5. Manual de procedimentos de um equipamento de deteção de armadura .....	63
6. Considerações Finais.....	77
Referências bibliográficas.....	81
Anexo I – Agregados e inertes – lista de ensaios da senqual.....	83
Anexo II – Pedras naturais – lista de ensaios da senqual .....	89
Anexo III – Enrocamento – lista de ensaios da senqual .....	93
Anexo IV – Cimentos e adições – lista de ensaios da senqual .....	97

Anexo V – Betões – lista de ensaios da senqual.....	103
Anexo VI – Argamassas e caldas de injeção – lista de ensaios da senqual.....	109
Anexo VII – Materiais betuminosos – lista de ensaios da senqual.....	113
Anexo VIII – Solos – lista de ensaios da senqual .....	117
Anexo IX – Relatório do ensaio de mapeamento numa placa de betão armado produzida em laboratório – <i>PROVISTA</i> .....	121
Anexo X – Desenho das armaduras do pilar pré-fabricado estudado.....	125

## RESUMO

O presente relatório diz respeito ao estágio curricular realizado na SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade Lda., em Valadares, Vila Nova de Gaia.

No âmbito de estágio, as atividades desenvolvidas foram a realização de ensaios de controlo de qualidade de materiais, o estudo e a elaboração de um manual de procedimentos de um equipamento de deteção de armaduras.

Este relatório descreve os procedimentos e revela a importância da realização de alguns dos ensaios, nomeadamente os ensaios de determinação da forma das partículas, das resistências mecânicas dos cimentos e da absorção de água por capilaridade.

Apresenta-se o estudo sobre um equipamento de deteção de armaduras, analisando a metodologia e os resultados dos ensaios realizados. Realizou-se um manual de procedimentos para o equipamento. Este manual expõe as recomendações, a descrição dos procedimentos e especificações técnicas do equipamento.

O estudo desenvolvido mostra que o equipamento de deteção de armaduras apresenta algumas limitações. A disposição e configuração das armaduras e a limpeza da superfície do provete em análise revelam-se influentes na obtenção de resultados.

**Palavras-chave:** Deteção de armaduras, Ensaios *in-situ*, Ensaios não destrutivos, Controlo de qualidade, Construção civil, Estágio curricular, SENQUAL.



## **ABSTRACT**

The present report concerns the curricular internship conducted in SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade Lda., in Valadares, Vila Nova de Gaia.

In the context of the internship, the tasks undertaken were the quality control testing of materials, the study and the preparation of an instruction manual for a detection equipment to reinforce concrete.

This report describe the procedures and reveals the importance of conducting the some tests, in particular the tests to determine particle shape, mechanical resistance of cements and water absorption by capillarity.

The report presents, a study of a detection equipment to reinforce concrete, analyzing the methodology and the results. A manual of a detection equipment to reinforce concrete was developed in the internship. The manual exposes the recommendations, the description of the procedures and technical specifications.

This study shows that the equipment detection presents some limitations. The layout and configuration of the concrete reinforcement and the surface cleanliness influence the results.

**Keywords:** Reinforce concrete detection, in-situ testing, nondestructive testing, quality control, construction, curricular internship, SENQUAL.



## **AGRADECIMENTOS**

Foram muitos aqueles que tornaram possível a realização deste trabalho, construído ao longo de 5 anos de aprendizagem, que vem agora culminar com o desenvolvimento deste documento. Por esse motivo, gostaria de manifestar um sincero agradecimento:

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e Departamento de Engenharia Civil, pela oferta de uma bolsa de estágio curricular, que me permitiu a aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, num ambiente de trabalho.

Em especial à minha orientadora, Professora Eunice Fontão, pela disponibilidade, apoio, incentivo, interesse, dedicação e profissionalismo, indispensável para a realização deste relatório.

À Doutora Cristina Alves Ribeiro, supervisora de estágio responsável, por todo o acompanhamento ao longo do estágio, transmissão de conhecimentos, contribuição e coorientação na elaboração do trabalho final.

Ao Engenheiro Alves Ribeiro, pela oportunidade de realização de estágio na Sociedade de Engenharia e Qualidade Lda..

Aos restantes colaboradores da SENQUAL, nomeadamente à Doutora Sandra Costa e aos operadores de laboratório, Pedro Alves, Nuno Vaz, Nicolau Fernandes e João Machado, pela simpatia e constante acompanhamento ao longo do período em que colaborei com empresa.

A todos os meus colegas de curso, pela entreaajuda sempre vivida e as conquistas alcançadas ao longo deste percurso académico.

À minha família, principalmente aos meus pais, ao Ferreira e à Mariana, pelo incansável apoio e motivação em todos os momentos, mas sobretudo por acreditarem sempre em mim.

Muito obrigada a todos!



# ÍNDICE DE TEXTO

1. Introdução.....	1
1.1 Considerações iniciais .....	1
1.2 Organização do documento.....	2
2. Empresa.....	3
3. Estágio .....	9
3.1 Introdução.....	9
3.2 Atividades desenvolvidas.....	9
3.3 Ensaios realizados .....	12
3.3.1 Determinação da forma das partículas .....	12
3.3.2 Determinação das resistências mecânicas dos cimentos.....	14
3.3.3 Determinação da absorção de água por capilaridades .....	15
3.4 Síntese.....	16
4. Análise do desempenho de um equipamento de detecção de armaduras.....	17
4.1 Introdução.....	17
4.2 Estado da arte .....	17
4.2.1 Fundamentos do equipamento .....	20
4.3 Ensaios de estudo do equipamento .....	23

4.3.1	Ensaio em placa de betão armado produzida em laboratório .....	24
4.3.2	Determinação dos diâmetros dos varões principais de um pilar pré-fabricado – obra de ampliação das instalações industriais da LABESFAL.....	33
4.3.3	Ensaio de varões sobre uma mesa convencional de madeira .....	36
4.3.4	Ensaio em placa de betão (móvel) com introdução de varões.....	46
5.	Manual de procedimentos de um equipamento de deteção de armadura .....	63
5.1	Introdução.....	63
5.2	Aplicação .....	63
5.3	Equipamento.....	64
5.4	Preparação .....	66
5.5	Procedimentos Iniciais .....	66
5.6	Configurações .....	67
5.7	Procedimentos .....	68
5.7.1	<i>Measure w. Statistics</i> .....	68
5.7.2	<i>Scanning Bars</i> .....	71
5.7.3	<i>Measure with Grid</i> .....	72
5.8	Memória – « <i>Data Output</i> ».....	74
5.9	Transferência para PC – Procedimento .....	74
5.10	Manutenção do equipamento .....	75
5.11	Relatório .....	75
5.12	Fatores que influenciam os resultados .....	75
5.13	Valores referência .....	76

5.13.1	Diâmetro de varões .....	76
6.	Considerações Finais .....	77
6.1	Conclusões .....	78
6.2	Desenvolvimentos futuros .....	79



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Organigrama da empresa .....	3
Figura 2.2 – Barragem de Venda Nova III (SENQUAL, 2016) .....	5
Figura 2.3 – Túnel do Marão (SEQUAL, 2016) .....	5
Figura 2.4 – Túnel de Águas Santas (SENQUAL, 2016) .....	6
Figura 2.5 – Trabalhos de reabilitação estrutural com o NCREP (SENQUAL, 2016) .....	6
Figura 2.6 – Controlo de qualidade de betões para execução de um pavimento (SENQUAL, 2016) .....	7
Figura 3.1 – Análise granulométrica.....	9
Figura 3.2 – Calibração .....	11
Figura 3.3 – Patologias em pavimento de edifício industrial .....	11
Figura 3.4 – Detecção de armaduras numa obra de ampliação de instalações industriam .....	12
Figura 3.5 – Índice de forma (FORMTEST, 2016).....	13
Figura 3.6 – Peneiros tipo II, ensaio de índice de achatamento (Tamices, 2016).....	14
Figura 3.7 – Ensaio de resistência à flexão.....	15
Figura 3.8 – Ensaio de resistência à compressão .....	15
Figura 3.9 – Ensaio de absorção de água por capilaridades .....	16
Figura 4.1 – PROFOMETER 5+ Rebar Detection System (Proceq, 2012).....	22
a) Módulo central.....	22
b) Sonda universal (S).....	22

c) Sonda c/ carrinho (SCANLOG) .....	22
Figura 4.2 – Elementos do PROFOMETER 5+ (Proceq, 2012).....	22
Figura 4.3 – Processo de execução da primeira placa de ensaio .....	24
Figura 4.6 – Preparação da amassadura do betão produzido.....	26
Figura 4.7 – Esquema da parede de ensaio, com indicação dos caminhos de ensaio .....	27
a) Ilustração das armaduras e variação dos recobrimentos, resultado esperado .....	31
b) Ilustração das armaduras e variação dos recobrimentos, resultado obtido .....	31
Figura 4.8 – Ensaio das placas com a função <i>Scanning Bars</i> .....	31
Figura 4.9 – Pilar pré-fabricado estudado .....	33
Figura 4.11 – Exemplo de esquema de varões do ensaio sobre mesa convencional.....	36
Figura 4.12 – Ilustração do esquema 1.....	37
Figura 4.13 – Ilustração do esquema 2.....	39
Figura 4.14 – Ilustração do esquema 3.....	40
Figura 4.15 – Ilustração do esquema 4.....	41
Figura 4.16 – Ilustração do esquema 5.....	43
Figura 4.17 – Ilustração do esquema 4.....	44
Figura 4.18 – Betonagem da placa sem armadura .....	46
Figura 4.19 – Exemplo de esquema de ensaio em placa móvel.....	46
Figura 4.20 – Ilustração do esquema 1.....	47
Figura 4.21 – Ilustração do esquema 2.....	48
Figura 4.22 – Ilustração do esquema 3.....	50
Figura 4.23 – Ilustração do esquema 4.....	51

Figura 4.24 – Ilustração do esquema 5 .....	52
Figura 4.25 – Ilustração do esquema 6 .....	53
Figura 4.26 – Ilustração do esquema 7 .....	54
Figura 4.27 – Ilustração do esquema 8 .....	55
Figura 4.28 – Ilustração do esquema 9 .....	56
Figura 4.29 – Ilustração do esquema 10 .....	57
Figura 4.30 – Ilustração do esquema 11 .....	58
Figura 4.31 – Ilustração do esquema 12 .....	59
Figura 4.32 – Ilustração do esquema 13 .....	60
Figura 4.33 – Ilustração do esquema 14 .....	61
Figura 5.1 – <i>PROFOMETER 5+ Rebar Detection System</i> (Proceq, 2012).....	64
Figura 5.2 – Módulo central – <i>PROFOMETER 5+</i> .....	64
Figura 5.3 – Sonda universal – <i>PROFOMETER 5+</i> .....	65
Figura 5.4 – Sonda Universal e <i>ScanCar</i> – <i>PROFOMETER 5+</i> .....	65
Figura 5.5 – Legenda de cabos conectáveis – módulo central.....	66
Figura 5.6 – Legenda de cabos conectáveis – sonda universal e <i>ScanCar</i> .....	66
Figura 5.7 – Indicação do <i>ON/OFF</i> no painel de botões.....	67
Figura 5.8 – Indicação para ligar luz de fundo no painel de botões.....	67
Figura 5.9 – Indicação do menu no painel de botões .....	67
Figura 5.10 – Plano da função <i>Measure w. Statistics</i> .....	69
Figura 5.11 – Indicação do <i>RESET</i> no painel de botões.....	69
Figura 5.12 – Indicação para obtenção do diâmetro no painel de botões .....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.13 – Plano da função *Scanning Bars*..... 71

Figura 5.14 – Indicação dos passos finais da função de mapeamento ..... 72

Figura 5.15 – Plano da função *Measure with Grid* ..... 72

Figura 5.16 – Logótipo *pro Vista*..... 74

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Composição do betão .....	26
Tabela 4.2 – Recobrimentos reais e resultados dos ensaios.....	28
Tabela 4.3 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios .....	29
Tabela 4.4 – Recobrimentos reais e resultados dos ensaios.....	30
Tabela 4.5 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios .....	30
Tabela 4.6 – Resultados do ensaio num pilar pré-fabricado estudado.....	34
Tabela 4.7 – Recobrimentos reais e resultados dos ensaios.....	38
Tabela 4.8 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios .....	38
Tabela 4.9 – Recobrimentos reais e resultados dos ensaios.....	39
Tabela 4.10 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios .....	39
Tabela 4.11 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios sem estribo.....	40
Tabela 4.12 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios com estribo .....	41
Tabela 4.13 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios sem estribo.....	42
Tabela 4.14 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios com estribo .....	42
Tabela 4.15 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios sem estribo.....	43
Tabela 4.16 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios sem estribo.....	44
Tabela 4.17 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 1.....	48

Tabela 4.18 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 2 .....	49
Tabela 4.19 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 3 .....	50
Tabela 4.20 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 4 .....	51
Tabela 4.21 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 5 .....	52
Tabela 4.22 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios esquema 6 .....	53
Tabela 4.23 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 7 .....	54
Tabela 4.24 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 8 .....	55
Tabela 4.25 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 9 .....	56
Tabela 4.26 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 10 .....	57
Tabela 4.27 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 11 .....	58
Tabela 4.28 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 12 .....	59
Tabela 4.29 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 13 .....	60
Tabela 4.30 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 14 .....	61

## **ABREVIATURAS**

d – diâmetro

dm – diâmetro médio

dv – distância entre varões

de – distância entre estribos

s/ – sem

c/ – com

a – espaçamento entre varões, opção de correção das barras vizinhas



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente documento foi realizado no âmbito da unidade curricular de Estágio (DIPRE), do 2º semestre do 2º ano, para obtenção grau Mestre em Engenharia Civil, do ramo de Construções. Este relatório pretende apresentar todas atividades desenvolvidas durante o decorrer do estágio curricular.

Ao longo de todo percurso académico são adquiridas uma série de competências, que foram então aplicadas numa componente mais prática com a realização do estágio. O Instituto Superior de Engenharia do Porto ofereceu uma bolsa de estágio onde proporciona uma forma de introdução no meio de trabalho, adquirindo experiência social e profissional.

O estágio a que respeita este relatório foi realizado no laboratório central da SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade Lda., com instalações em Rua do Carvalhal, nº 96, Valadares, 4405-543 Vila Nova de Gaia, Portugal. O estágio teve início no dia 22 de fevereiro de 2016 e terminou a 29 de julho de 2016.

Este estágio foi orientado pela Professora Eunice Fontão, do Instituto Superior de Engenharia do Porto e como supervisora de estágio responsável a Doutora Cristina Alves Ribeiro, técnica-adjunta da SENQUAL.

A SENQUAL dispõe de um aparelho de deteção e caracterização de armaduras em elementos de betão armado, de análise eletromagnética. Com o objetivo de as vantagens e, principalmente, as limitações deste equipamento, a SENQUAL propôs como trabalho de estágio o desenvolvimento de um manual e especificações técnicas do mesmo para que desta forma pudessem no futuro utilizar o equipamento com maior rigor e confiança.

Além do manual de procedimentos, desenvolvem-se enumeras atividades no âmbito de estágio, nomeadamente, em colaboração com os técnicos da empresa, a realização de vários ensaios a decorrer no laboratório.

## **1.2 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO**

Estruturalmente, o relatório encontra-se dividido em 5 capítulos.

O capítulo 1, introdução, descreve os objetivos e composição do presente relatório, as condições de estágio curricular e o que foi desenvolvido no seu decorrer.

No capítulo 2 faz-se uma apresentação da empresa onde foi desenvolvido o estágio curricular, nomeadamente os trabalhos que realiza e obras em que participou nos últimos anos.

Entrando no capítulo 3 pode-se verificar as atividades que foram desenvolvidas durante o estágio, onde são também descritos alguns dos ensaios realizados e respetivas aprendizagens de trabalho.

O capítulo 4 diz respeito análise do equipamento de deteção de armaduras, processo adotado para o apoio no desenvolvimento do manual de procedimentos. É abordado a descrição, metodologia envolvente e o plano de estudo do equipamento, incluindo ensaios com respetivas análise de resultados.

O capítulo 5 é composto pelo produto final estudado, o manual de procedimentos do equipamento de deteção de armaduras, a ser adotado pela empresa de estágio.

Para finalizar, no capítulo 6 são feitas as devidas conclusões, tanto pelas diferentes atividades desenvolvidas na empresa, como pelo desenvolvimento do manual de deteção de armaduras, principal trabalho de estágio. Nas considerações finais também se apresentam alguns desenvolvimentos futuros.

## 2. EMPRESA

A SENQUAL foi fundada em 1995, está inserida na Indústria da Construção Civil e Obras Públicas e tem como instalações a sede localizada em Espinho e o laboratório central em Valadares. O estágio foi desenvolvido no laboratório central, situado na Rua do Carvalho, nº 96, 4405-543 Vila Nova de Gaia. Revelando-se uma empresa versátil e prática, a SENQUAL, disponibiliza ainda a instalação de laboratórios em obra e um laboratório móvel, que facilita a realização dos ensaios *in situ*.

A empresa é liderada pelo Eng.<sup>o</sup> Alves Ribeiro, responsável técnico e sócio gerente. A sociedade é também composta pela Eng.<sup>a</sup> Cristina Alves Ribeiro, responsável técnica-adjunta e o Dr. Gonçalo Alves Ribeiro, responsável administrativo e financeiro. Os ensaios e trabalhos laboratoriais são realizados por técnicos especializados, e disponibiliza equipas de técnicos para a realização de ensaios e trabalhos pontuais *in situ*. A imagem que se segue apresenta o organigrama da empresa, figura 2.1.

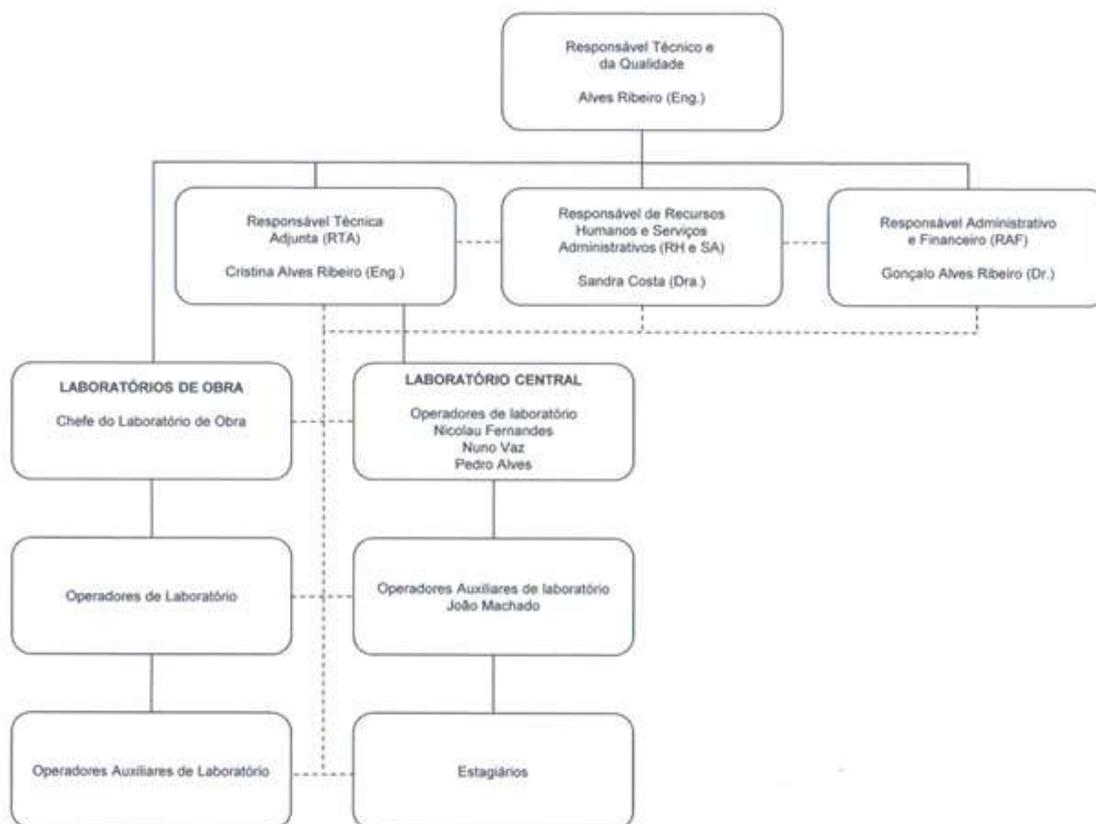


Figura 2.1 – Organigrama da empresa

As atividades que a SENQUAL desenvolve são:

- ✓ Controlo da qualidade em Obras Públicas e de Construção Civil através da realização de ensaios de diferentes materiais: betões, caldas, argamassas, cimentos, adições, pedra natural, enrocamento, agregados, solos e betuminosos;
- ✓ Peritagem e pareceres técnico-económicos;
- ✓ Apoio técnico a empresas de fiscalização e donos de obra;
- ✓ Formação técnica;
- ✓ Auditorias internas;
- ✓ Consultoria no âmbito da marcação CE de Agregados e da Certificação da Produção de Betões.

O Laboratório central contém equipamentos devidamente especializados, de elevada qualidade, modernos e fiáveis, adequados ao desenvolvimento dos estudos laboratoriais e ensaios solicitados. Os equipamentos utilizados para a avaliação de grandezas físicas são calibrados periodicamente em laboratórios metrológicos acreditados pelo IPAC, além disso realizam verificações internas intermédias através de padrões de calibração. Existe um sistema de gestão da qualidade que permite o cumprimento e atualização de todos os requisitos legais e normativos. Os ensaios são realizados de acordo com as normas EN, NP EN, Especificações LNEC, ASTM, BS, DIN e UNE. A SENQUAL realiza os seguintes ensaios:

- ✓ Agregados e inertes, que se encontra no Anexo I a respetiva lista de ensaios;
- ✓ Pedras naturais, que se encontra no Anexo II a respetiva lista de ensaios;
- ✓ Encoramento, que se encontra no Anexo III a respetiva lista de ensaios;
- ✓ Cimentos e adições, que se encontra no Anexo IV a respetiva lista de ensaios;
- ✓ Betões, que se encontra no Anexo V a respetiva lista de ensaios;
- ✓ Argamassas e caldas de injeção, que se encontra no Anexo VI a respetiva lista de ensaios;
- ✓ Materiais betuminosos, que se encontra no Anexo VII a respetiva lista de ensaios;
- ✓ Solos, que se encontra no Anexo VIII a respetiva lista de ensaios.

Nos últimos anos a SENQUAL desenvolveu uma série de trabalhos, auxiliando as várias obras e empresas envolvidas. São de destaque:

- ✓ A obra de reforço de potência da barragem da Caniçada, desde 2014 com instalações de laboratório em obra, para o controlo de qualidade de betões, betão projetado, agregados, cimentos, cinzas e adjuvantes;
- ✓ A execução de ensaios físicos e químicos para o controlo de qualidade de ligantes hidráulicos (cimentos e cinzas) e adjuvantes em obras de reforço de potência da barragem de Venda Nova III, figura 2.2, e construção da barragem de Foz Tua, realizados entre 2015 e 2016 em laboratório central;



Figura 2.2 – Barragem de Venda Nova III (SENQUAL, 2016)

- ✓ No Túnel do Marão, figura 2.3, realizou o controlo de qualidade de matérias: numa 1ª fase, auxiliando a EPOS, entre 2014 e 2015 com laboratório em obra e apoio do laboratório central – controlo de caldas, betão, betão projetado e solos; na 2ª fase, colaborou com a TEIXEIRA DUARTE, de janeiro a abril de 2016 com um segundo laboratório em obra e apoio do laboratório central – controlo de betuminosos e solos;



Figura 2.3 – Túnel do Marão (SEQUAL, 2016)

- ✓ Desde 2015 em laboratório central, está a realizar os ensaios de determinação da capacidade de absorção de energia e dosagem de fibras para o controlo de qualidade do betão projetado reforçado com fibras para aplicar na obra do Túnel de Águas Santas, figura 2.4;



Figura 2.4 – Túnel de Águas Santas (SENQUAL, 2016)

- ✓ Controlo de agregados das pedreiras BRITEVI e INERCER;
- ✓ Efetuou o controlo de solos, betão e betuminoso, com a monitorização da evolução da temperatura de cura do betão, com laboratório em obra, na construção da nova ponte rodoviária de Foz do Dão no IP3, desde o início de 2014 e 2015;
- ✓ Apoio a trabalhos de reabilitação estrutural, figura 2.5, desde edifícios na zona histórica do Porto e antigos em Lisboa, a obras de avalia estrutural de pavilhões industriais. Estes trabalhos consistem na extração de carotes para avaliação da espessura de elementos estruturais e caracterização da classe de resistência do betão, determinação do teor em cloretos e profundidade de carbonatação, deteção de armaduras e espessuras de recobrimento, realização de ensaios de carga em placa para avaliação da capacidade de carga da fundação de lajes térreas;



Figura 2.5 – Trabalhos de reabilitação estrutural com o NCREP (SENQUAL, 2016)

- ✓ Efetuou o controlo da qualidade do betão aplicado na construção de um pavimento de um pavilhão industrial da MABOR em Famalicão, figura 2.6, entre janeiro e março de 2016 com laboratório móvel em duas fases da obra, o trabalho consistiu no controlo do betão fresco com realização de ensaio de slump, determinação do teor em ar, massa volúmica e cálculo da razão água/li-gante, ensaio de retração/expansão e controlo de qualidade dos agregados com realização de análise granulométrica, massa volúmica, absorção de água e teor em humidade;



Figura 2.6 – Controlo de qualidade de betões para execução de um pavimento (SENQUAL, 2016)

Tendo em conta as exigências do mercado atual da construção, a SENQUAL tem por princípio a otimização da qualidade dos serviços da empresa, pretendendo assim melhorar e alargar o seu mercado de serviços. Pensando num futuro próximo e de modo a chegar a mais clientes, a empresa acha essencial o investimento em equipamentos para aplicação de novos ensaios (SENQUAL, 2016).



## 3. ESTÁGIO

### 3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as atividades desenvolvidas durante o decorrer do estágio curricular, nomeadamente o trabalho de estudo que o aluno realizou e os ensaios e levantamento de patologias que acompanhou. Inclui também a descrição do procedimento de um conjunto de ensaios que foram realizados no âmbito de estágio e algumas conclusões desses trabalhos.

O principal objetivo do trabalho de estágio consistiu em explorar as vantagens e limitações do equipamento de deteção de armaduras e o desenvolvimento de um manual de procedimentos e especificações técnicas do mesmo, que será apresentado nos capítulos 4 e 5 do presente documento.

### 3.2 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No âmbito de estágio foram realizados vários ensaios, em colaboração com os técnicos da empresa, desde do momento de preparação da amostra, aos resultados finais de cada um dos ensaios. Em seguida apresenta-se os trabalhos realizados e ensaios referenciados com a respetiva norma:

- ✓ Preparação de amostras por esquadramento – solos, areias, britas, pó-de-pedra, gravilhas, tout-venant, etc., realizada de acordo com a norma EN 932-2;
- ✓ Preparação de amassaduras de cimento, realizada de acordo com a norma EN 196-1;
- ✓ Análise granulométrica, figura 3.1, realizada de acordo com a norma EN 931-1;



Figura 3.1 – Análise granulométrica

- ✓ Análise granulométrica por peneiração húmida, realizada de acordo com a especificação do LNEC E 239;
- ✓ Ensaio Índice volumétrico, realizado de acordo com a especificação do LNEC E 223;
- ✓ Determinação das massas volúmicas, realizada de acordo com a especificação do LNEC E581 e a norma NP 654;
- ✓ Determinação do teor de finos – ensaio do equivalente de areia, realizado de acordo com a norma EN 933-8;
- ✓ Ensaio do índice de achatamento, realizado de acordo com a norma EN 933-3;
- ✓ Ensaio do índice de forma, realizado de acordo com a norma EN 933-3;
- ✓ Ensaio de Los Angeles – resistência ao desgaste, realizado de acordo com a especificação do LNEC E 237;
- ✓ Ensaio de Micro-Deval – resistência ao desgaste, realizado de acordo com a norma NP EN 1097-1;
- ✓ Ensaio do azul de metileno – análise dos finos, realizado de acordo com a norma EN 933-9;
- ✓ Ensaio de compactação de Proctor, realizado de acordo com a norma EN 13286-2 e a especificação do LNEC E 197;
- ✓ Determinação do CBR, realizada de acordo com a especificação do LNEC E 198;
- ✓ Determinação da permeabilidade ao oxigénio, realizada de acordo com a especificação do LNEC E 392;
- ✓ Determinação das resistências mecânicas dos cimentos, realizada de acordo com a norma NP EN 197-1;
- ✓ Ensaio da resistência à Penetração de água, realizado de acordo com a norma ISO 7031;
- ✓ Determinação da absorção de água por capilaridade, realizada de acordo com a especificação do LNEC E 393;
- ✓ Ensaio da resistência à tração por compressão – betão, realizado de acordo com a norma NP EN 12390-6;
- ✓ Ensaio da resistência à flexão de provetes – betão, realizado de acordo com a norma NP EN 12390-5;
- ✓ Determinação do módulo de elasticidade, realizada de acordo com a norma DIN 1048-5;
- ✓ Determinação dos cloretos – cimentos e cinzas, realizada de acordo com a norma NP EN 196-2: secção 4.5.16;
- ✓ Determinação de sulfatos – cimentos e cinzas, realizado de acordo com a norma NP EN 196-2: secção 4.5.2;

- ✓ Determinação do teor de cloretos solúveis na massa de betão, realizado de acordo com o procedimento interno;
- ✓ Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras, realizada de acordo com a norma NP EN 14488-5;
- ✓ Verificação interna do material – ensaio de desgaste;
- ✓ Calibração – termómetro, figura 3.2;



Figura 3.2 – Calibração

- ✓ Dosagem de fibra no betão reforçado com fibras, realizada de acordo com a norma NP EN 14488-7.

Surgiu a oportunidade de participação de uma atividade extra estágio, que foi a visualização de patologias nos materiais e nas estruturas, solicitado pela empresa FERREIRA Construção, S.A., na construção da unidade de armazenagem e logística da CENTRAUTO em Vagos, figura 3.3. Verificou-se dois tipos de patologias no piso bastante frequentes, o chamado craquele ou pele de crocodilo, eventualmente causado por erros na introdução do betão e rachadelas, que se presume como sendo por erros de estrutura;



Figura 3.3 – Patologias em pavimento de edifício industrial

Também foi realizado um ensaio de deteção de armaduras, de acordo com a norma BS 1881: part 204, solicitado pela empresa SANJOSE, na ampliação das instalações industriais da LABESFAL em Santiago de Besteiros – Tondela, Portugal, figura 3.4;



Figura 3.4 – Deteção de armaduras numa obra de ampliação de instalações industriais

Como trabalho final foi concretizado um manual de procedimentos do equipamento de deteção de armadura a ser adotado pela empresa de estágio.

No decorrer do estágio, os ensaios foram desenvolvidos para as diferentes obras em que a SENQUAL participou. Este facto permitiu ao aluno fazer um acompanhamento, de modo indireto, de obras distintas. As obras acompanhadas foram essencialmente da barragem da Caniçada, barragem de Foz do Tua, barragem de Vendas Novas, túnel do Marão e túnel de Águas Santas.

### **3.3 ENSAIOS REALIZADOS**

Tal como foi mencionado anteriormente, no âmbito de estágio houve a participação em diversos ensaios. Em seguida apresenta-se o procedimento e as devidas conclusões da realização de alguns dos ensaios realizados em estágio.

#### **3.3.1 Determinação da forma das partículas**

Para a avaliação da forma das partículas de agregados existem métodos distintos, de acordo com o tipo de agregado, sendo fino, grosso ou de granulometria extensa.

Sendo agregados finos, a avaliação é dedicada à angulosidade do agregado, conforme a norma EN 933-6, que estima o desempenho, tempo de escoamento, numa amostra num recipiente.

No caso dos agregados grossos ou fração grossa dos agregados de granulometria extensa, a avaliação da forma das partículas faz-se por via de um de dois métodos alternativos. O Índice de achatamento (FI) e o Índice de forma (SI).

A forma das partículas de um agregado influencia o comportamento do betão, pois interfere na trabalhabilidade, no ângulo de atrito interno e na compactidade, ou seja, nas propriedades que dependem da quantidade de água de amassadura do elemento. As medições geométricas sobre cada uma das partículas, permite classificar a forma do agregado, onde se conclui então se esses agregados devem ou não ser usados no betão (Coutinho, 1999).

### 3.3.1.1 Índice de forma

Segundo a norma NP EN 933-4 o ensaio de forma consiste na avaliação individual das partículas de uma amostra de agregado grosso. Estas são classificadas de acordo com a relação entre o comprimento e a espessura de cada uma, com o auxílio de um paquímetro, figura 3.5.

A forma diz respeito às características geométricas, tais como arredondada, angulosa ou achatada. Índice de forma é definido pela média da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado, ponderada pela quantidade de grãos de cada fração granulométrica que o compõe, sendo o comprimento de um grão é a maior dimensão possível de ser medida em qualquer direção do grão e a espessura a menor distância possível entre planos paralelos entre si em qualquer direção do grão.

Na preparação do ensaio deve ter-se o cuidado de secar a amostra até massa constante, na peneiração selecionar as partículas entre as dimensões 63mm e 4mm, e na pesagem a massa inicial da amostra de ensaio ( $M_0$  em g) deve ser de acordo com o quadro de massa dos provetes de ensaio para agregados de peso corrente expresso na norma NP EN 933-1 (NP EN 933-4, 2002).



Figura 3.5 – Índice de forma (FORMTEST, 2016)

### 3.3.1.2 Índice de achatamento

No ensaio de achatamento são realizados dois tipos de peneiração. Existe uma amostra que é passada nos diferentes peneiros do tipo I (peneiros normalmente utilizados para a análise granulométrica), resultando numa separação de várias frações granulométricas. As frações separadas são posteriormente passadas nos peneiros do tipo II (peneiros de barras com ranhuras paralelas de largura), figura 3.6, correspondentes. O índice de achatamento é a percentagem de massa total das partículas que passam nos peneiros tipo II em relação à massa total seca de partículas ensaiadas.



Figura 3.6 – Peneiros tipo II, ensaio de índice de achatamento (Tamices, 2016)

Na preparação do ensaio deve ter-se o cuidado de secar a amostra até massa constante e a pesagem a massa inicial da amostra de ensaio ( $M_0$  em g) deve ser de acordo com o quadro de massa dos provetes de ensaio para agregados de peso corrente expresso na norma NP EN 933-1. Durante a peneiração manual, esta só é considerada terminada quando apresenta um retido estável, ou seja, que se mantém pelo menos 1% durante 1 min (NP EN 933-3, 2002).

### 3.3.2 Determinação das resistências mecânicas dos cimentos

A avaliação da resistências à compressão e flexão de cimentos é realizada por moldagem de provetes prismáticos, com dimensões de 40 x 40 x 160 mm<sup>3</sup>, constituídos por uma argamassa plástica de composição: 450g de cimento, 1350g de areia (normalizada CEN) e 225g de água destilada.

A argamassa é preparada por amassaduras mecânicas e compactada no molde, através de um compactador padronizado. Após preparado, os três provetes resultantes são conservados numa câmara, que dispõe um ambiente húmido controlado, durante 24 horas. Posteriormente os provetes são desmoldados, identificados e colocados em água até à data do ensaio. Os provetes são ensaiados inicialmente à flexão, onde acabam por ser partidos em duas metades, cada uma delas é então submetida ao ensaio de compressão (NP EN 197-1, 2012).

A resistência à flexão figura 3.7, é a rutura se dá por tração a meio vão, dada pela média de 3 prismas.



Figura 3.7 – Ensaio de resistência à flexão

A resistência à compressão, figura 3.8, é a medida da resistência aos esforços de compressão suportados por uma peça ou superfície, dada pela média dos 6 prismas resultantes.



Figura 3.8 – Ensaio de resistência à compressão

Em relação à utilização estrutural, a resistência mecânica do cimento tem uma elevada importância. A resistência depende das condições da amassadura, da preparação dos provetes e da natureza do ensaio escolhido, por isso é necessário o maior rigor ao ensaiar o cimento, de modo a que os resultados obtidos de acordo com o desejado (Coutinho, 1999).

Os resultados do ensaio servem para verificar, se estes estão em conformidade com as características do material ou se os materiais de uma obra estão de acordo com o previsto no caderno de encargos

### **3.3.3 Determinação da absorção de água por capilaridades**

A especificação E393 do LNEC estabelece um processo para a determinação da absorção de água por capilaridade do betão endurecido. A absorção de água por capilaridade é calculada dividindo o aumento

de massa ao fim de intervalos de tempo pré-determinados pela área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água.

Os provetes são moldados ou obtidos por corte, devem ter um volume mínimo de  $0.001 \text{ m}^3$ , a secção é quadrada ou cilíndrica, o diâmetro deve ser de preferência 150mm e a altura pelo menos o dobro. Entretanto o provete é mantido em condições adequadamente controladas, durante 14 dias em estufa com uma temperatura de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Depois de preparado, é colocado em contacto com a água a 5 mm da base do provete, figura 3.12, são efetuadas leituras da massa às 3, 6, 24 e 72 horas. Ainda para finalizar, o provete é ensaiado à tração por compressão diametral e observa-se a forma da superfície molhada (LNEC E393, 1993).



Figura 3.9 – Ensaio de absorção de água por capilaridades

A capilaridade é o transporte de líquidos nos poros sólidos devido à tensão superficial existente numa face do provete. Esta é uma propriedade do betão bastante importante. O resultado do ensaio também depende do estado de humidade do provete.

### 3.4 SÍNTESE

No capítulo que se encerra foram apresentadas as atividades desenvolvidas, bem como a descrição do procedimento e conclusões de alguns dos ensaios realizados durante o estágio curricular.

Os objetivos, inicialmente estabelecidos para o desenvolvimento do estágio curricular, foram sendo concretizados com sucesso. Deste modo, os diversos trabalhos desenvolvidos, na sua prática, permitiram compreender a importância do controlo da qualidade dos materiais por empresas especializadas no setor da construção civil.

## **4. ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM EQUIPAMENTO DE DETEÇÃO DE ARMADURAS**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

Os equipamentos de deteção de armaduras permitem estimar a posição, orientação, diâmetro e recobrimento das armaduras presentes num elemento de betão armado. Quando é necessário analisar elementos de betão armado numa forma não destrutiva, este processo possibilita um trabalho de localização ou plano de intervenção ao elemento de estudo, sem danificar a estrutura ou a própria armadura.

Trata-se de um aparelho portátil, de simples utilização e capaz de realizar as funções a que se propõe de forma rápida e económica. A presença de humidade não influencia os resultados e também é indicado para casos em que o betão seja ligeiramente reforçado (Medina, 2013).

A identificação das armaduras é uma preocupação comum na reabilitação, quando os projetos de estruturas originais não estão disponíveis ou sempre que existam dúvidas em relação à conformidade da construção com o projeto.

### **4.2 ESTADO DA ARTE**

A segurança, conservação e reabilitação de edifícios antigos com interesse histórico e estruturas antigas, é um dos temas da construção que tem atraído maior preocupação, não só pelas instituições de património histórico-cultural, como da sociedade em geral.

De modo a prevenir possíveis alterações nas propriedades dos materiais utilizados numa construção, existe uma necessidade de avaliação e controlo de qualidade dos mesmos. Perante esta necessidade de avaliação surge a importância de ensaios dos materiais, de modo a verificar se os mesmos apresentam um comportamento de segurança. Os ensaios mecânicos em geral podem ser classificados como ensaios destrutivos, ligeiramente destrutivos ou não destrutivos (Carmo, 2015).

O ensaio do tipo destrutivo é caracterizado por criar rutura, inutilização, ou apenas sinais no material submetido ao ensaio. Sendo um ensaio que tende a inutilizar o material em estudo, podem ser usados provetes de prova. Os ensaios destrutivos têm capacidade de fornecer resultados de maior interesse e precisão, contudo, no caso de intervenção em construções de preservação histórica, não deve ser aplicado. Os ensaios destrutivos podem ser adotados para as construções correntes, destinadas a demolição ou sem valor histórico (Belles, 2010). Os ensaios classificados como ensaios destrutivos são: ensaios de tração, ensaio de dobramento, ensaio de flexão, ensaio de torção, ensaio de fadiga, ensaio de impacto e ensaio de compressão (Carmo, 2015).

Ensaio não destrutivo não deixa sinais no material após ensaiado e, conseqüentemente, não são prejudiciais para o desempenho do elemento em estudo. Podem ser usados para determinar algumas propriedades físicas, ou detetar falhas internas dos componentes acabados. Os ensaios classificados como ensaios não destrutivos são: Ensaio com raios-X, Ensaio de ultra-som, Ensaio elétrico, Ensaio de líquido penetrante, Ensaio de partículas magnéticas, Radiografia, Ensaio por corrente de Foucault e Ensaio visual (Carmo, 2015). Os métodos de ensaio devem ser preferencialmente não destrutivos, sendo que estes minimizam os possíveis danos resultantes. Contudo, pode existir a necessidade de recorrer a outros ensaios que envolvem danos de mais ou menos importância (Correia, 2014).

Quanto aos ensaios ligeiramente destrutivos, estes não precisam de ações diretas invasivas na estrutura e os resultados obtidos permitem avaliar as características mecânicas dos materiais. As intervenções necessárias para um ensaio ligeiramente destrutivo devem ser tão pequenas quanto possível e é importante no final dos ensaios haver o mínimo de sinais do trabalho efetuado no material em estudo. A recolha de carotes para ensaios mecânicos, é um exemplo de técnicas de ensaios ligeiramente destrutivos.

Apenas as técnicas ligeiramente destrutivas e não-destrutivas são destinadas a construções antigas ou de interesse conservativo (Arêde & Costa, 2002).

Para a análise estrutural e planificação de intervenções construtivas, é necessário uma inspeção inicial do local, para uma primeira avaliação das condições do elemento de estudo. Existe portanto uma necessidade de desenvolver um conjunto de procedimentos para a inspeção detalhada da estrutura, de forma organizada, que permitam um diagnóstico estrutural e outras patologias da construção em estudo. Este diagnóstico é realizado com auxílio de ensaios *in situ* e laboratoriais, onde se conclui informações do estado real elemento estudado.

Os ensaios em laboratório são um processo de análise de amostras recolhidas do elemento em estudo, para se poder determinar todos os parâmetros de avaliação solicitados, através de ensaios normalizados.

(Bessa, 2009). Contudo, as técnicas de ensaio em laboratório, em geral, permitem obter informação complementar às técnicas de ensaio *in situ* (Flores-collen, de Brito & de Freitas, 2010).

Existem ainda os chamados ensaios *in situ* que se referem aos ensaios em campo e diretamente com o elemento de estudo. No geral, os ensaios *in situ* podem ser uma alternativa aos ensaios em laboratório, pois apresentam inúmeras vantagens, tais como:

- ✓ Permitirem obter informações necessárias para avaliar o comportamento do elemento de estudo;
- ✓ Geralmente, são métodos mais rápidos e baratos que os ensaios laboratórios;
- ✓ São realizados em condições naturais, o que permite uma conclusão de dados bastante mais fiáveis;
- ✓ Quando combinados os vários tipos de ensaio é possível evitar gastos desnecessários e diminuir prazos de execução (Bessa, 2009).

Em geral, pode dizer-se que os ensaios *in situ* são pouco destrutivos e permitem uma classificação das características mais significativas. Quanto aos ensaios de laboratório considera-se sempre de algum modo destrutivos, sendo que são realizados através de amostras, contudo permitem obter resultados quantitativos diretos (Correia, 2014).

O ensaio de deteção e caracterização de armaduras é classificado como ensaio *in situ* não destrutivo, ou seja, não danifica a secção de betão ou possíveis armaduras em estudo e é realizado diretamente na estrutura.

O procedimento do ensaio de deteção e caracterização de armaduras em elementos de betão é baseado na norma BS 1881: Part 204: 1988 – *Testing concrete; Recommendations on the use of electromagnetic covermeters*. Esta é uma norma publicada a 31 de agosto de 1988, que dá recomendações e descreve os princípios de operação em dispositivos eletromagnéticos que podem ser utilizados para estimar a posição, o tamanho e a profundidade de recobrimentos em betão. A parte 204 da BS 1881 também descreve os métodos de utilização e aplicações, a precisão esperada e os fatores que podem influenciar os resultados do ensaio. A deteção e caracterização de armaduras pode ser usada para o controle de qualidade, garantindo a localização correta e recobrimento após a introdução do betão, na investigação de elementos de betão para o qual os registos não estão disponíveis ou precisam ser verificados e para a localização de outros objetos ferromagnéticos, por exemplo, tubulações de água, vigas de aço e condutas de iluminação.

Existe ainda outros regulamentos que são aplicados a este ensaio como o SN 505 262, o DIN 1045 e o DGZfP B2 (PROCEQ SA, 2012). Conforme o Instituto Português da Qualidade (IPQ), não existe uma norma portuguesa referente ao ensaio de deteção de armaduras.

Quanto ao procedimento do ensaio, inicialmente é fundamental visitar o local para um reconhecimento do estado do elemento de intervenção e da sua envolvente. Deve procurar-se pessoas que conheçam o local de intervenção, recolhendo informações sobre alterações realizadas na estrutura, o seu estado atual, ocorrências importantes e medidas de intervenção que foram adotadas. Essencialmente deve recolher-se toda a informação possível no local, através de registos fotográficos e análise de elementos que, mesmo indiretamente ligados às patologias observadas, podem ter interesse em estudos futuros.

#### **4.2.1 Fundamentos do equipamento**

O método de medição do equipamento de deteção de armaduras é baseado no princípio de corrente de Foucault com indução por pulso. Jean Bernard Léon Foucault, físico e astrónomo francês, mostrou que quando um fluxo magnético varia através de uma superfície sólida e não apenas delimitada por um condutor, há criação de uma corrente. Esta corrente é induzida sobre o fluxo, como se toda superfície fosse composta por uma combinação de espiras muito finas unidas (SABERELETRICA, 2015). A presença de elementos metálicos influencia o campo eletromagnético. A influência do aço na corrente induzida é não linear em relação à profundidade, distância e diâmetro do varão.

Um aparelho de deteção e caracterização de armaduras é alimentado por baterias e geralmente, composto por um módulo central, servido de visor de leitura com registo de dados e microprocessador, ligado a uma sonda eletromagnética, que lhe transmite a informação recolhida e esta pode ser de vários tipos, consoante as necessidades específicas de intervenção (BS 1881-204, 1988).

O ensaio de deteção de armaduras não necessita de uma preparação muito exaustiva. Contudo, a área de estudo deve ser limpa, retirando impurezas, areias ou outros elementos estranhos ao betão. O aparelho deve ser calibrado assim que ligado e para o processo de calibração é necessário apontar a sonda para uma zona livre de elementos metálicos e pressionar o botão indicado para este efeito.

De uma forma muito sucinta, o ensaio consiste em realizar um percurso com a sonda do equipamento, que passa pelos pontos previamente estabelecidos. Quando o equipamento se depara com a presença de armadura emite um sinal sonoro, indicando no seu mostrador, posteriormente, o recobrimento e o diâmetro, se solicitado. Os equipamentos mais recentes, em geral, dispõem também de um Software que

permite a transferência dos dados para um computador, para se avaliar os resultados obtidos do ensaio (Ryall, 2001).

Durante a realização dos ensaios, existem algumas limitações que podem influenciar os resultados e precisão, que afetam o campo magnético do equipamento de detecção de armaduras, nomeadamente:

- ✓ Uma elevada densidade de armadura, principalmente em caso de haver uma quantidade elevada de armaduras sobrepostas, mais do que um varão ou varões pouco espaçados, pode dar origem a resultados pouco confiáveis;
- ✓ No caso de uso de arame metálico para amarração de armaduras, deve ter-se em atenção e realizar a passagem do scan longe dos pontos de cruzamento das armaduras (amarrações);
- ✓ A variação de ferro no conteúdo do cimento, e o uso de agregados com propriedades magnéticas, pode causar redução dos resultados. Este caso, tem vindo a melhorar com a evolução dos equipamentos;
- ✓ A presença de irregularidades superficiais, como por exemplo, marcas de cofragem, que podem influenciar as leituras, portanto deve ter-se algum cuidado na preparação do ensaio (Bungney, Millard & Grantham, 2006).

Os equipamentos de detecção têm sofrido constantes atualizações pelos fabricantes, que apresentam circuitos eletrônicos mais sofisticados, para estimar as características dos varões com maior precisão (Bungney, Millard & Grantham, 2006).

Devem ser feitos testes regulares em laboratório ao equipamento de detecção, de modo a estabelecer a calibração através de leituras de escala. A frequência das verificações do equipamento depende das instruções do fabricante e condição de uso, mas é recomendado que eles sejam realizados, pelo menos a cada 6 meses e devem apresentam-se os diferentes métodos de calibração (BS 1881-204, 1988).

O equipamento adquirido pela empresa é um *profemeter<sup>R5+</sup>* modelo S e *SCANLOG* da *Proceq*, figura 4.1, que permite determinar a localização, o recobrimento e o diâmetro, detetar a insuficiência de recobrimento e diâmetro, ilustrar a disposição dos varões e diferentes recobrimentos numa área de medição.



Figura 4.1 – PROFOMETER 5<sup>+</sup> Rebar Detection System (Proceq, 2012)

Este equipamento é composto pelo modelo central que podemos verificar na figura 4.2 a) e dois modelos diferentes para a sonda: o modelo *S*, figura 4.2 b), indicado para realizar a detecção de diâmetros e recobrimentos de armaduras e o modelo *SCANLOG*, figura 4.2 c), indicado para realizar o mapeamento de armaduras e escala de recobrimentos, com o auxílio do *ScanCar* (sonda com carrinho).



a) Módulo central

b) Sonda universal (S)

c) Sonda c/ carrinho (SCANLOG)

Figura 4.2 – Elementos do PROFOMETER 5<sup>+</sup> (Proceq, 2012)

Todos os procedimentos relativos às funções que o equipamento estudado permite encontram-se especificados no capítulo seguinte, Manual de procedimentos do equipamento de detecção de armaduras.

O relatório de ensaio deve incluir: data, hora e local de teste; descrição da estrutura ou componente sob investigação; os locais de áreas de teste; os dados do betão nas áreas de teste, com referência a possíveis fatores que influenciam; equipamento usado e data de última calibração de laboratório; detalhes de quaisquer procedimentos de calibração; os valores medidos de recobrimento e/ou diâmetro dos varões (indicar quando estes valores são obtidos por cálculo); a estimativa de precisão quantitativa medições; a configuração de reforço de aço, se necessário, incluindo espaçamentos de barras individuais; esboços e desenhos que possam ajudar (BS 1881-204, 1988).

### 4.3 ENSAIOS DE ESTUDO DO EQUIPAMENTO

De modo a compreender o funcionamento e capacidades do equipamento de deteção de armaduras em estudo, foi estabelecido um plano de ensaios. De acordo com a análise de resultados e perceção das necessidades do estudo, foram surgindo ajustes ao plano inicial e novos métodos. De seguida serão apresentados os métodos de ensaio estudo, com respetivos resultados e análise dos mesmos.

Inicialmente foram produzidas duas placas de betão armado, em laboratório. O principal objetivo deste método de estudo foi a deteção das armaduras de um elemento totalmente conhecido, que deste modo foi possível analisar comparativamente a estrutura tendo por base o conhecimento de todos os pormenores da mesma. Foram comparados os valores de recobrimento e diâmetros reais aos resultados dos ensaios, fazendo variar para cada ensaio duas opções que o equipamento permite.

Entretanto surgiu a oportunidade de testar o equipamento em campo, com a determinação dos diâmetros dos varões principais de um dado pilar pré-fabricado. Este ensaio foi realizado na obra de ampliação das instalações industriais da LABESFAL, sendo o objetivo futuro realizar alterações ao pilar em estudo, que já fazia parte da construção.

Não tendo sido possível obter resultados conclusivos com análise efetuada nas placas de betão armado, surgiu a necessidade de procurar novos métodos de estudo. Foram então feitos ensaios com a colocação de varões sobre uma mesa convencional de madeira. Com a utilização de porções de varões com diferentes diâmetros, criou-se distintas configurações de dispositivos de armadura (esquemas). Este método permitiu avaliar o comportamento do equipamento, alterando algumas das opções permitidas por este e produzindo diferentes esquemas de armaduras.

De modo a aperfeiçoar o estudo, posteriormente, foram feitos ensaios numa placa de betão produzida em laboratório, idêntica ao primeiro método de estudo, mas desta vez era possível ajustar a disposição das armaduras sob a placa. Este método permitiu avaliar o comportamento do equipamento face a diferentes configurações de armaduras adotadas e diferentes opções que lhe são permitidas, tendo em atenção a repetibilidade dos ensaios.

### 4.3.1 Ensaio em placa de betão armado produzida em laboratório

Como plano inicial, foi produzida uma placa para teste com dimensões de  $1 \times 1 \text{m}^2$ , com uma estrutura composta por varões de diâmetros, distâncias, recobrimentos e composição de betão conhecidos. O principal objetivo deste método foi, pelo facto de cada pormenor da estrutura da parede ser conhecida, ser possível, de forma segura, fazer uma comparação de resultados e a desejada avaliação da fiabilidade do equipamento em estudo.

Pensando na facilidade de manuseamento, a placa de betão armado foi constituído por duas placas com dimensões de  $1 \times 0.5 \text{m}^2$  cada uma. Durante a execução, houve preocupação com a disposição das armaduras de forma a assegurar continuidade perfeita entre as duas placas.

Quanto ao processo de execução, para cada uma das placas, foi montada a estrutura de armaduras, primeiramente amarrando todos varões verticais aos varões de diâmetro d16 horizontais e posteriormente os restantes varões horizontais aos verticais. As amarrações foram feitas com arames metálicos finos. Ao colocar a estrutura, houve o cuidado de encostar os varões às partes interiores e superior da cofragem, para existir uma perfeita continuidade entre os varões das duas placas. Passou-se à betonagem, onde se teve o cuidado de utilizar um vibrador, para evitar a criação de vazios e de fazer uma retificação final, para prevenir de irregularidades na superfície. A descofragem das placas foi feita ao final de 24 horas. A figura 4.3 corresponde à sequência de execução da primeira placa, que passou pela colocação da armadura, betonagem e respetiva cura.



Figura 4.3 – Processo de execução da primeira placa de ensaio

A placa de betão armado é constituída por 4 varões de cada diâmetro de 16, 12, 10, 8 e 6 mm, 2 de cada na vertical e os outros dois na horizontal. A disposição e afastamento entre os varões são bastante diversificadas, o se pode verificar nas figuras 4.4 e 4.5.

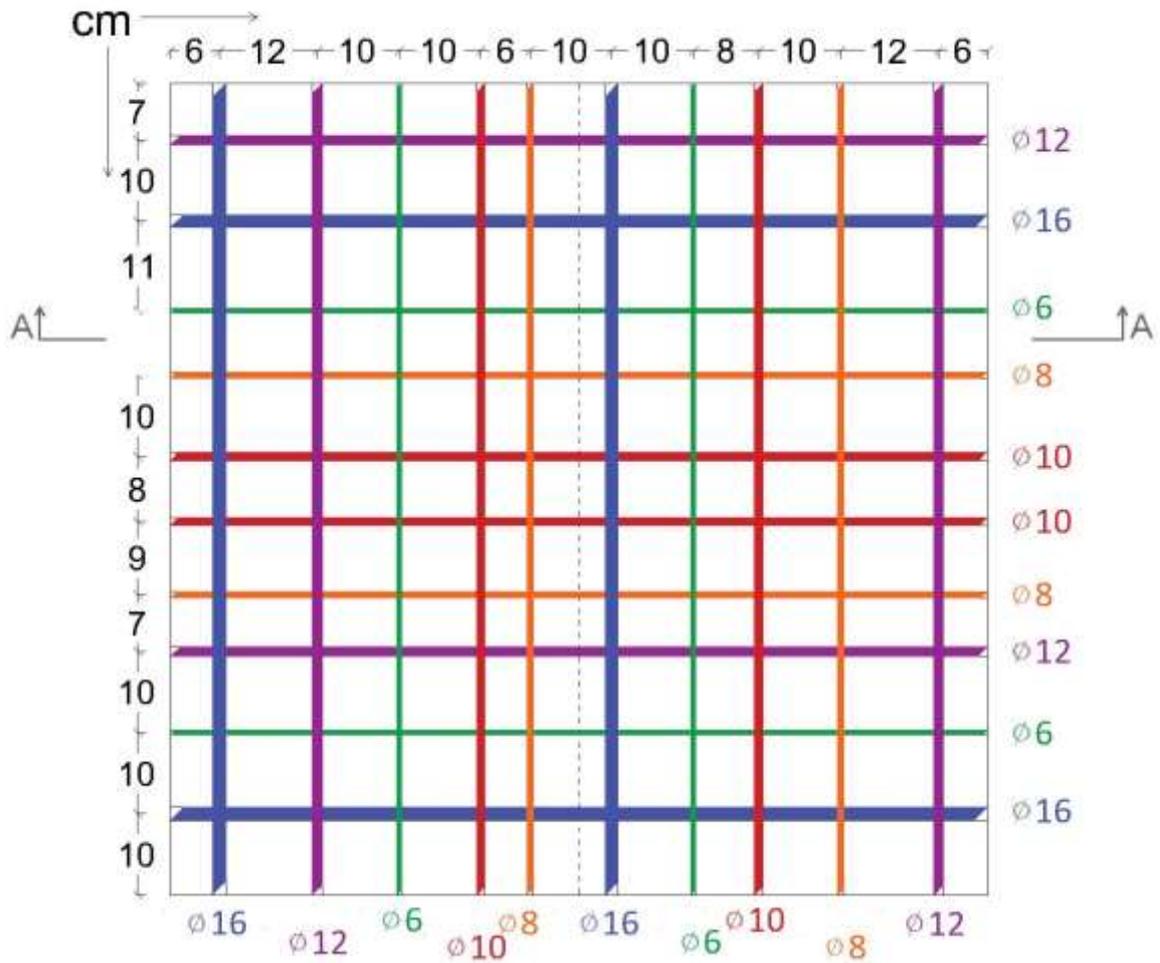


Figura 4.4 – Esquema, em planta, das armaduras das placas de betão produzidas em laboratório



Figura 4.5 – Esquema, em corte A, das armaduras das placas de betão produzida em laboratório

Na tabela 4.1 apresenta a composição do betão produzido em laboratório, para as placas de estudo.

Tabela 4.1 – Composição do betão

Material	Quantidade em kg/m <sup>3</sup>	Quantidade em kg/ 40L de betão
Brita 6/10	825	33
Areia 0/4	610	24,4
Areia 0/2	400	16
Cimento	300	12
Água	150	6
Adjuvante	3	0,12

A principal exigência na mistura de betão é homogeneidade dos materiais. A mistura manual deve ser feita juntando primeiro a seco o agregado miúdo e cimento, de maneira a obter-se uma coloração uniforme e entretanto o agregado graúdo. Na figura 4.6 pode-se observar o momento de preparação da amassadura do betão. De seguida forma-se uma cratera, onde é colocada a água, continuando a misturar até que o betão adquira uma homogeneidade, ficando pronta para a betonagem. Este processo foi realizado numa superfície plana e impermeabilizada.



Figura 4.6 – Preparação da amassadura do betão produzido

### 4.3.1.1 Resultados

#### 4.3.1.1.1 Detecção de diâmetro e recobrimento de armaduras

Este primeiro ensaio foi feito com uma função que permite determinar o diâmetro e recobrimento de cada varão (*Measure with Statistics*). Na figura 4.7 pode verificar-se o esquema das armaduras que compõem a parede de estudo, em que as distâncias estão marcadas em cm e os diâmetros (d) em mm. Foram feitos dois caminhos de ensaio para análise dos varões no sentido vertical e no horizontal, que correspondem na figura 4.6, à cor roxa e verde respectivamente. O caminho da sonda tem uma distância de 12 cm da face.

Este equipamento permite configurar uma opção chamada *Bar Diameter*, que consiste no tamanho do varão existente na estrutura, para uma melhor precisão de leitura. Para diâmetro desconhecido, é sugerida a utilização de um tamanho-padrão de 16 mm ou um tamanho-médio.

Com objetivo de verificar o comportamento do equipamento, para os diferentes ensaios fez-se então variar a opção de diâmetro médio e o modelo de equipamento (S: apenas sonda e SCANLOG: com carrinho).

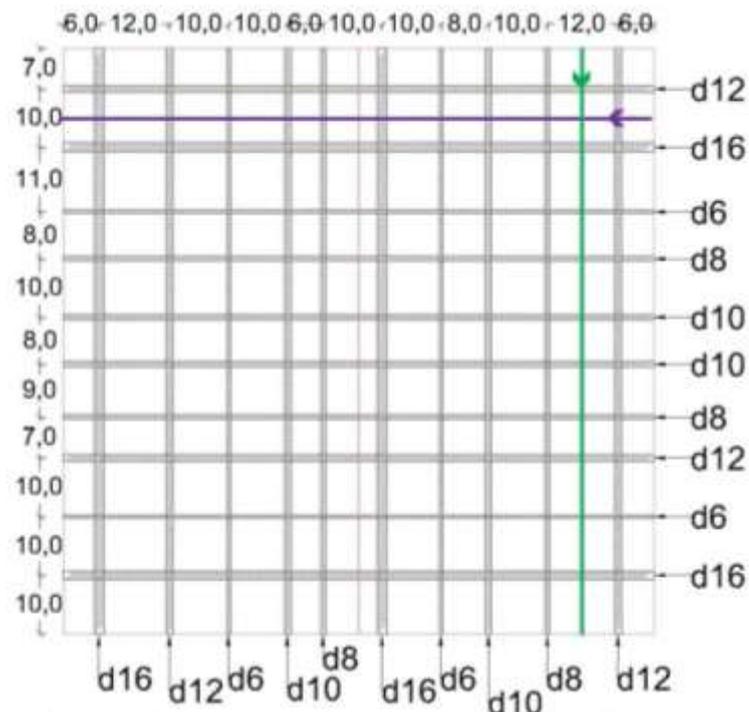


Figura 4.7 – Esquema da parede de ensaio, com indicação dos caminhos de ensaio

**Análise dos varões verticais**

Foi iniciado o estudo com a análise dos varões verticais, que correspondem na figura 4.7 ao caminho de cor roxa.

O ensaio 1 de análise dos varões verticais foi realizado com o auxílio da opção *Bar Diameter*, introduziu-se um diâmetro medio (dm) igual a 16 e o modelo do equipamento utilizado foi *SCANLOG*.

O ensaio 2 de análise dos varões verticais foi realizado com um diâmetro medio de 10 e o modelo do equipamento *SCANLOG*.

O ensaio 3 de análise dos varões verticais foi realizado com um diâmetro medio de 10 e o modelo do equipamento *S*.

A tabela 4.2, que se segue, apresenta os valores de recobrimento, em mm, reais e os obtidos dos três ensaios realizados para as diferentes condições.

Tabela 4.2 – Recobrimentos reais e resultados dos ensaios

Diâmetro dos varões correspondentes		Ø 12	Ø 8	Ø 10	Ø 6	Ø 16	Ø 8	Ø 10	Ø 6	Ø 12	Ø 16
		<b>Recobrimento (mm)</b>									
<b>Valores reais</b>		<b>36</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>32</b>
<b>Resultados</b>	<b>Ensaio 1</b> (dm=16; SCANLOG)	37	43	40	46	32	45	42	48	39	34
	<b>Ensaio 2</b> (dm=10; SCANLOG)	36	41	38	44	29	40	38	43	36	31
	<b>Ensaio 3</b> (dm=16; S)	33	39	36	41	28	40	38	42	34	31

Dos mesmos ensaios, segue-se a tabela 4.3, que apresenta os valores de diâmetro, em mm, reais e os obtidos, também para as diferentes condições.

Tabela 4.3 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios

Valores reais		Diâmetro (mm)									
		12	8	10	6	16	8	10	6	12	16
Resultados	Ensaio 1 (dm=16; SCANLOG)	23.5	27.7	27.4	29.5	26.1	30.6	27.9	33.6	26.4	23.9
	Ensaio 2 (dm=10; SCANLOG)	24.0	28.0	28.4	28.6	24.5	20.0	19.5	15.4	15.4	17.2
	Ensaio 3 (dm=16; S)	13.4	11.5	12.9	12.6	17.7	13.4	14.3	12.1	14.1	17.4

Numa primeira abordagem pode dizer-se que em relação aos recobrimentos não se observa uma grande diferença entre os ensaios. Quanto aos diâmetros podemos verificar que existe uma grande variação entre os ensaios com o modelo *SCANLOG* e o *S*, sendo que o ensaio 3 apresenta resultados mais próximos do esperado.

#### Análise dos varões horizontais

Posteriormente foi realizada a análise dos varões horizontais, que correspondem na figura 4.6 ao caminho de cor verde.

O ensaio 1 de análise dos varões horizontais foi realizado com o auxílio da opção *Bar Diameter*, introduziu-se um diâmetro medio (dm) igual a 16 e o modelo do equipamento utilizado foi *SCANLOG*.

O ensaio 2 de análise dos varões horizontais foi realizado com um diâmetro medio de 10 e o modelo do equipamento *SCANLOG*.

O ensaio 3 de análise dos varões horizontais foi realizado com um diâmetro medio de 10 e o modelo do equipamento *S*.

A tabela 4.4, que se segue, apresenta os valores de recobrimento, em mm, reais e os obtidos dos três ensaios realizados para as diferentes condições.

Tabela 4.4 – Recobrimentos reais e resultados dos ensaios

Diâmetro dos varões correspondentes		Ø 12	Ø 16	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 10	Ø 8	Ø 12	Ø 6	Ø 16
		<b>Recobrimento (mm)</b>									
<b>Valores reais</b>		<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>Resultados</b>	<b>Ensaio 1</b> (dm=16; SCANLOG)	49	57	51	55	52	52	52	54	47	46
	<b>Ensaio 2</b> (dm=10; SCANLOG)	46	52	48	51	49	49	49	51	45	45
	<b>Ensaio 3</b> (dm=16; S)	33	39	36	41	28	40	38	42	34	31

Dos mesmos ensaios, segue-se a tabela 4.5, que apresenta os valores de diâmetro, em mm, reais e os obtidos, também para as diferentes condições.

Tabela 4.5 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios

		<b>Diâmetro (mm)</b>									
<b>Valores reais</b>		<b>12</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>16</b>
<b>Resultados</b>	<b>Ensaio 1</b> (dm=16; SCANLOG)	36.7	36.2	37.6	35.0	> 41	35.8	36.3	32.4	34.5	24.3
	<b>Ensaio 2</b> (dm=10; SCANLOG)	> 41	> 41	> 41	> 41	> 41	40.1	33.4	> 41	> 41	> 41
	<b>Ensaio 3</b> (dm=16; S)	37.5	32.1	38.3	32.5	> 41	32.2	32.9	32.9	> 41	37.5

Numa primeira análise, em relação aos recobrimentos verifica-se uma grande diferença entre os valores esperados e os resultados do ensaio 3. No caso dos diâmetros existe uma enorme discrepância entre os resultados e os valores reais, para todos os ensaios.

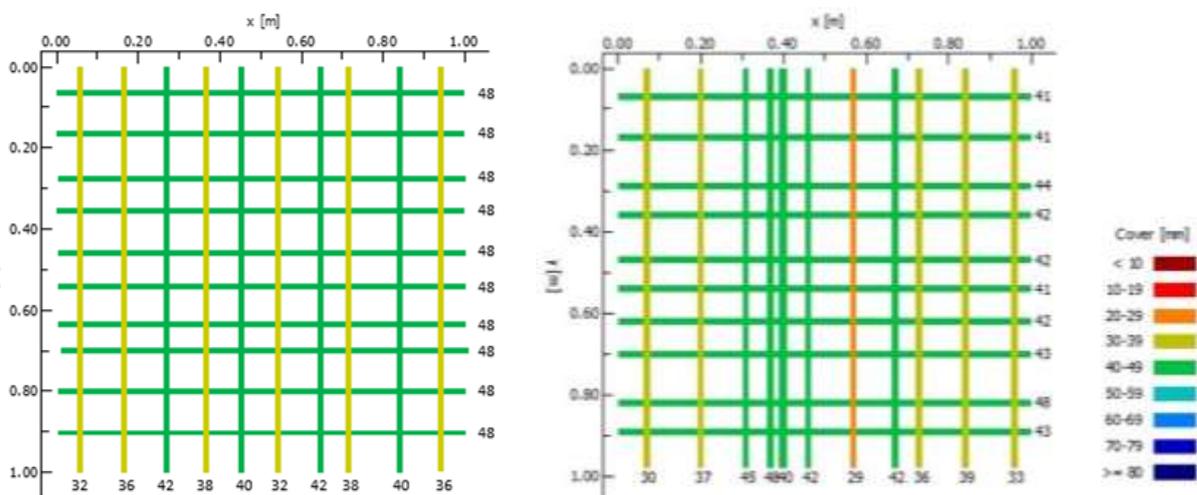
#### 4.3.1.1.2 Ensaio de mapeamento de armaduras

O seguinte ensaio surgiu com o intuito de avaliar a função de mapeamento de armaduras que o equipamento permite. Esta função chamada de *Scanning Bars*, permite um *scanner* a área total da parede de estudo, ilustrando a posição de cada varão e a variação de recobrimentos.

O ensaio foi realizado com a opção *Bar Diameter* igual a 16, o modelo do equipamento utilizado foi *SCAN-LOG* e a área de medição selecionada em *scan área* foi de 1x1 m.

Após finalizado o ensaio, fez-se uma transferência dos resultados para o programa PRO-VISTA instalado no computador, utilizando os materiais necessários e descarregando através do programa VISTA-TRANSFER. Este programa permite verificar e utilizar os resultados para os ensaios de mapeamento de armaduras e escala de recobrimentos (o procedimento destas funções pode-se verificar em detalhe de capítulo seguinte). Apresenta-se no anexo IX o relatório facultado pelo programa, correspondente ao presente ensaio de mapeamento.

A figura 4.8 apresenta duas ilustrações relativamente ao ensaio, acompanhadas duma legenda. A ilustração a) representa o resultado esperado do ensaio e a b) o resultado obtido.



a) Ilustração das armaduras e variação dos recobrimentos, resultado esperado

b) Ilustração das armaduras e variação dos recobrimentos, resultado obtido

Figura 4.8 – Ensaio das placas com a função *Scanning Bars*

Neste ensaio, as ilustrações são bastante esclarecedoras, o que permite verifica-se à partida alguma diferença entre os valores dos recobrimentos reais e os resultados.

#### 4.3.1.2 Análise de resultados

Segundo os resultados dos ensaios correspondentes à deteção de diâmetro e recobrimento de armaduras, verifica-se variações significativas entre os valores reais e os obtidos.

Analisando os resultados de recobrimento da tabela 4.2, verifica-se um desvio máximo de +6 mm no ensaio 1, de +2 e -3 mm no ensaio 2 e de -2 mm no ensaio 3, que, sendo o erro admissível pelo equipamento de +/- 2 mm, são de certa forma valores aceitáveis, exceto o máximo de 6 mm, que já se torna distante do admissível. Quanto aos resultados da tabela 4.4, com um desvio máximo de +9 e -2 mm no ensaio 1, +4 e -3 mm no ensaio 2 e -30 mm no ensaio 3, confirma-se que não são aceitáveis, principalmente no caso do ensaio 3. Para o caso da segunda tabela os resultados afastam-se muito dos valores reais, mais do que na anterior direção, o que pode estar relacionado com o facto de o recobrimento ser maior.

Acerca dos resultados de diâmetros na tabela 4.3, com um desvio máximo por excesso de 28 mm no ensaio 1, 23 mm no ensaio 2 e 7 mm no ensaio 3, verifica-se que são completamente inaceitáveis, contudo para o ensaio 3 este desvio já se torna mais próximo do admissível que os restantes. Deste modo, pode-se julgar que para a deteção de diâmetros, com modelo S, os resultados tendem a aproximar-se do esperado. No caso da tabela 4.5, com um desvio máximo por excesso de 32 mm no ensaio 1 e 35 mm no ensaio 2 e 3, toma-se que os valores são completamente inaceitáveis, o que prevê mais uma vez que pode estar relacionada com o recobrimento ser maior que os da anterior direção.

Apesar da discrepância dos resultados, surgiram algumas conclusões acerca dos fatores que podem influenciar os resultados dos diâmetros e proximidade de varões:

- ✓ Para diâmetros maiores os resultados tendem a aproximar-se do real;
- ✓ Em varões contíguos os resultados são distantes do esperado, e ainda agravam para varões de diâmetros menores entre varões de diâmetro maiores.

Quanto ao ensaio correspondente ao mapeamento de armaduras, segundo a figura 4.4, que permite estabelecer uma comparação entre o resultado obtido do ensaio, ilustração b) e o resultado que era esperado, ilustração a), verifica-se o seguinte:

- ✓ A existência de um varão vertical extraordinário;
- ✓ Para os recobrimentos, um desvio máximo por excesso e defeito de 3 mm na vertical e por defeito de 7 mm na horizontal;
- ✓ As distâncias entre os varões obtidas consideram-se próximas do valor real.

Deste último ensaio pode-se concluir que o facto de a placa incluir bastante informação, com limitados espaçamentos entre varões e reduzidos diâmetros, pode justificar os resultados obtidos.

#### 4.3.2 Determinação dos diâmetros dos varões principais de um pilar pré-fabricado – obra de ampliação das instalações industriais da LABESFAL

Foi solicitado, pela empresa SANJOSE CONSTRUTORA S.A., um ensaio de deteção de armaduras na obra de ampliação das instalações industriais da LABESFAL em Santiago de Besteiros, zona de Tondela. O objetivo deste ensaio seria a determinação dos diâmetros dos varões principais de um pilar pré-fabricado, figura 4.9, com o intuito de fazer alterações ao mesmo, sendo que este já fazia parte da construção.



Figura 4.9 – Pilar pré-fabricado estudado

Na figura 4.10 apresenta-se o desenho das armaduras do pilar em estudo, ao que estavam previstos nos cantos 4 varões de 25 mm, indicados a cor vermelha e a meio dos lados 4 varões de 20 mm, a cor roxa.

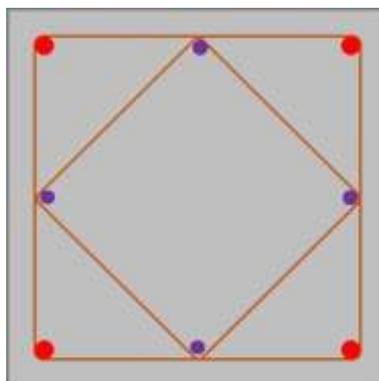


Figura 4.10

Junto no anexo X apresenta-se as restantes informações do estudo do pilar P3.30CT fabricado pela MOTA-ENGIL, para correção da designação dos cachorros em planta.

#### 4.3.2.1 Resultados

Este ensaio foi realizado apenas numa das faces do pilar e na função *Measure with Statistics*, com a opção *Bar Diameter* (dm) igual a 16 mm. O modelo do equipamento utilizado para o ensaio foi o S e é de salientar que a distância média entre os estribos verificada foi de 20 cm. Os resultados dos diâmetros deste ensaio surgiram da avaliação a diferentes alturas (níveis) do pilar, sempre entre estribos, e apresentam-se em seguida na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Resultados do ensaio num pilar pré-fabricado estudado

Valores de diâmetros reais		Diâmetro (mm)		
		25	20	25
Diâmetros resultados	Nível 1	32.0	> 41	29.0
	Nível 2	32.0	> 41	24.4
	Nível 3	32.0	> 41	33.0
	Nível 4	27.5	> 41	24.3
	Nível 5	28.0	> 41	32.0
	Nível 6	30.2	> 41	32.0
	Nível 7	32.0	> 41	28.0
	Nível 8	35.0	> 41	31.0

#### 4.3.2.2 Análise de resultados

Devido aos resultados bastante inconclusivos, foi dirigido um pedido de esclarecimento do equipamento à J. Roma (empresa onde foi adquirido o equipamento), pois não estaria no seu correto funcionamento. Portanto as conclusões obtidas deste ensaio resultaram também duma colaboração da J. Roma e a *Proceq*, que nos tentaram ajudar na resolução do problema.

Como se pode verificar, para o varão situado a meio dos lados, o detetor apresenta sempre valores superior ou igual a 41 mm, o que resulta num erro de pelo menos 21 mm por excesso. Segundo a *Proceq*, o problema do varão central de 20 mm e o fato de o aparelho apresentar valores errados pode estar essencialmente na distância entre os estribos, que influenciam na informação desse valor.

Quanto aos cantos os valores variam entre os 24 mm e os 32 mm, para os quais um desvio máximo de 10 e 8 mm por excesso. Portanto, segundo a *Proceq* para os varões de 25 mm nas extremidades do pilar, um valor como 23 mm está dentro da precisão típica do aparelho, de modo que não é um valor totalmente incorreto, contudo, um valor entre os 30 e 32 mm pode estar relacionado com a distância entre os estribos.

A J. Roma indicou, que deve proceder-se à correção das barras vizinhas, opção de funcionalidade que o *Profemeter* possui. Neste caso, a ideia dessa opção é, sabendo a distância entre os estribos, introduzir esse valor de correção no aparelho, para que resultasse em valores o mais aproximado possível de 20 mm, com um erro típico de medida de mais ou menos 2 mm. Contudo já não seria possível repetir o mesmo ensaio, de modo que se tornou uma questão de estudo para ser aplicada em futuros ensaios.

Devido aos resultados inconclusivos, foi necessário proceder a uma sondagem, onde o cliente certificou que os varões corretos se encontravam na posição correta, conforme o projeto. Contudo, a sondagem não foi realizada exatamente nos pontos em que se realizou a prospeção de armadura com o equipamento.

### 4.3.3 Ensaio de varões sobre uma mesa convencional de madeira

Não tendo sido possível obter anteriormente resultados conclusivos, surgiu a necessidade avaliar as capacidades do equipamento de forma mais simples, ao que surgiu um novo método de estudo. Foram realizados diversos ensaios, apenas com porções de varões sobre uma mesa convencional, cujo material era composto essencialmente por madeira, com cerca de 30 mm de espessura. A figura 4.11 apresenta um exemplo de esquema de varões utilizado.

O objetivo principal deste método de ensaio era avaliar diferentes esquemas de disposições de armaduras com diferentes funcionalidades do equipamento. Foram utilizados varões de diâmetros 8, 10, 12, 16, 20 e 25 mm.



Figura 4.11 – Exemplo de esquema de varões do ensaio sobre mesa convencional

#### 4.3.3.1 Resultados

Os seguintes ensaios foram realizados através da função que permite determinar o diâmetro e recobrimento de cada varão (*Measure with Statistics*), com a opção de diâmetro medio (dm) igual a 16mm.

Cada ensaio consistiu em 6 diferentes disposições de armaduras, que se apresentam nos próximos esquemas. Este método de estudo tem como objetivo explorar quais os efeitos de modificar o espaçamento entre varões, o posicionamento e diâmetro dos estribos e avaliar a colocação, de forma contígua, de varões de diâmetros muito diferentes.

#### 4.3.3.1.1 Esquema 1

Para o esquema 1, ilustrado na figura 4.12, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Cada ensaio foi repetido duas vezes, da esquerda para a direita, sentido 1, e posteriormente da direita para a esquerda, sentido 2.

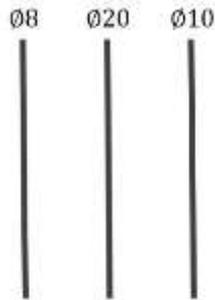


Figura 4.12 – Ilustração do esquema 1

O ensaio 1 foi realizado com o modelo do equipamento utilizado foi *S* e os varões estavam a uma distância (*dv*) de 7 cm entre eles.

O ensaio 2 foi realizado com o modelo do equipamento utilizado foi *SCANLOG* e os varões estavam a uma distância de 7 cm entre eles.

O ensaio 3 foi realizado com o modelo do equipamento utilizado foi *S* e os varões estavam a uma distância de 16 cm entre eles.

O ensaio 4 foi realizado com o modelo do equipamento utilizado foi *SCANLOG* e os varões estavam a uma distância de 16 cm entre eles.

A tabela 4.7, que se segue, apresenta os valores de recobrimento, em mm, reais e os obtidos dos ensaios realizados.

Tabela 4.7 – Recobrimentos reais e resultados dos ensaios

Diâmetro dos varões correspondentes		Ø 8	Ø 20	Ø 10	Ø 8	Ø 20	Ø 10
Sentido		1			2		
		Recobrimento (mm)					
Valores reais		30	30	30	30	30	30
Resultados	Ensaio 1 (dv=7cm; S)	31	29	31	31	30	30
	Ensaio 2 (dv=7cm; SCANLOG)	36	33	34	35	33	35
	Ensaio 3 (dv=16cm; S)	34	31	32	34	31	32
	Ensaio 4 (dv=16cm; SCANLOG)	37	34	36	37	33	36

Dos mesmos ensaios, segue-se a tabela 4.8, que apresenta os valores de diâmetro, em mm, reais e os obtidos.

Tabela 4.8 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios

Sentido		1			2		
		Diâmetro (mm)					
Valores reais		8	20	10	8	20	10
Resultados	Ensaio 1 (dv=7cm; S)	8.5	19.2	10.8	8.3	19.4	11.1
	Ensaio 2 (dv=7cm; SCANLOG)	9.4	19.7	11.4	8.9	19.7	11.3
	Ensaio 3 (dv=16cm; S)	<7	17.6	7.4	<7	18.1	7.8
	Ensaio 4 (dv=16cm; SCANLOG)	<7	18.5	8.8	7.2	19.6	9.1

Para este ensaio pode se observar que, os valores de diâmetro registados são aceitáveis. Quanto aos recobrimentos existem alguns que se afastam do valor desejado.

#### 4.3.3.1.2 Esquema 2

Para o esquema 2, que ilustra a figura 4.13, foi realizado 1 ensaio. O ensaio foi realizado a uma distância mais afastada do estribo, proximidade 1, e posteriormente próxima do estribo, proximidade 2. Pretende-se com esta análise avaliar a influência do estribo de 12 cm.

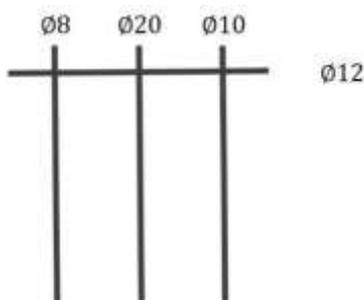


Figura 4.13 – Ilustração do esquema 2

O ensaio foi realizado com o modelo S do equipamento e os varões estavam a uma distância de 16 cm entre eles. A tabela 4.9, que se segue, apresenta os valores de recobrimento, em mm, reais e os obtidos dos ensaios realizados.

Tabela 4.9 – Recobrimentos reais e resultados dos ensaios

Diâmetro dos varões correspondentes	Ø 8	Ø 20	Ø 10	Ø 8	Ø 20	Ø 10
<b>Proximidade</b>	<b>1</b>			<b>2</b>		
	<b>Recobrimento (mm)</b>					
<b>Valores reais</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>Resultados</b>	38	31	38	38	33	38

Do mesmo ensaio, segue-se a tabela 4.10, que apresenta os valores de diâmetro, em mm, reais e os obtidos.

Tabela 4.10 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios

Proximidade	<b>1</b>			<b>2</b>		
	<b>Diâmetro (mm)</b>					
<b>Valores reais</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
<b>Resultados</b>	<7	17.5	7.7	15.7	19.8	16.8

No caso deste ensaio avaliou-se a influência do estribo e a proximidade ao mesmo. Nos diâmetros é possível perceber que para diâmetros como 8 e 10 mm existe uma maior diferença de valores, principalmente quando próximos do estribo. Quanto aos recobrimentos alguns encontram-se distantes do desejado.

**4.3.3.1.3 Esquema 3**

Para o esquema 3, que ilustra a figura 4.14, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições, utilizando o modelo S do equipamento. Nas tabelas 4.11 e 4.12, apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm.

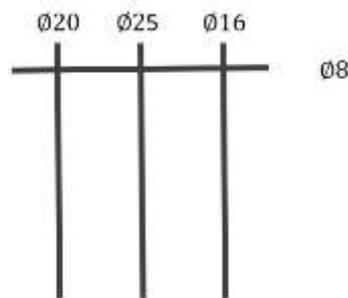


Figura 4.14 – Ilustração do esquema 3

O ensaio 1 e 2 foram realizados sem a presença do estribo, para distância entre os varões (dv) de 12 cm entre e 7 cm respectivamente.

O ensaio 3 e 4 foram realizados com a presença de um estribo de 8 mm, para distância entre os varões (dv) de 12 cm entre e 7 cm respectivamente.

Cada ensaio foi repetido duas vezes, para os ensaios 1 e 2, tabela 4.11, da esquerda para a direita, sentido 1, e posteriormente da direita para a esquerda, sentido 2.

Tabela 4.11 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios sem estribo

Sentido		1			2		
		Diâmetro (mm)					
Valores reais		20	25	16	20	25	16
Resultados	Ensaio 1 (dv=12cm; s/estribo)	18.8	23.3	14.9	18.7	23.3	15.1
	Ensaio 2 (dv=7cm; s/estribo)	20.2	24.9	16.2	20.5	24.5	16.2

Cada ensaio foi repetido, para os ensaios 3 e 4, tabela 4.12, a uma distância mais afastada do estribo, proximidade 1, e posteriormente próxima do estribo, proximidade 2.

Tabela 4.12 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios com estribo

Proximidade		1			2		
		Diâmetro (mm)					
Valores reais		20	25	16	20	25	16
Resultados	Ensaio 3 (dv=12cm; c/estribo)	18.9	22.5	14.4	19.9	23.5	15.2
	Ensaio 4 (dv=7cm; c/estribo)	19.5	21.8	14.1	19.2	22.3	14.2

Neste caso comparando as duas tabelas verificam-se muito bons resultados, não se verificando influência do estribo. Numa primeira análise pode intuir-se que este comportamento se deve ao facto de as dimensões dos varões serem bem maiores que o diâmetro do próprio estribo.

#### 4.3.3.1.4 Esquema 4

Para o esquema 4, que ilustra a figura 4.15, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições, utilizando o modelo S do equipamento. Nas tabelas 4.13 e 4.14, apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm.

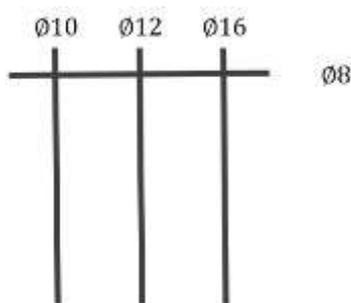


Figura 4.15 – Ilustração do esquema 4

O ensaio 1 e 2 foram realizados sem a presença do estribo, para distância entre os varões (dv) de 12 cm entre e 7 cm respetivamente.

O ensaio 3 e 4 foram realizados com a presença de um estribo de 8 mm, para distância entre os varões (dv) de 12 cm entre e 7 cm respetivamente.

Cada ensaio foi repetido duas vezes, para os ensaios 1 e 2, tabela 4.13, da esquerda para a direita, sentido 1, e posteriormente da direita para a esquerda, sentido 2.

Tabela 4.13 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios sem estribo

<b>Sentido</b>		<b>1</b>			<b>2</b>		
		<b>Diâmetro (mm)</b>					
<b>Valores reais</b>		<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>
<b>Resultados</b>	<b>Ensaio 1</b> (dv=12cm; s/estribo)	8.3	11.2	14.4	8.9	11.6	15.3
	<b>Ensaio 2</b> (dv=7cm; s/estribo)	7.4	11.1	14.9	7.0	11.6	14.6

Cada ensaio foi repetido, para os ensaios 3 e 4, tabela 4.14, da primeira vez foi feito a uma distância mais afastada do estribo, proximidade 1, e posteriormente próxima do estribo, proximidade 2.

Tabela 4.14 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios com estribo

<b>Proximidade</b>		<b>1</b>			<b>2</b>		
		<b>Diâmetro (mm)</b>					
<b>Valores reais</b>		<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>
<b>Resultados</b>	<b>Ensaio 3</b> (dv=12cm; c/estribo)	<7	<7	13.5	10.3	13.3	16.6
	<b>Ensaio 4</b> (dv=7cm; c/estribo)	<7	9.8	13.5	<7	9.1	13.4

Para este caso, embora o diâmetro do estribo seja próximo do diâmetro de algum dos varões, não se verifica uma grande influência do mesmo.

#### 4.3.3.1.5 Esquema 5

Para o esquema 5, que ilustra a figura 4.16, foram realizados 2 ensaios com diferentes condições, utilizando o modelo S do equipamento. Na tabela 4.15, apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Cada ensaio foi repetido, a uma distância mais afastada do estribo, proximidade 1, e posteriormente próxima do estribo, proximidade 2.

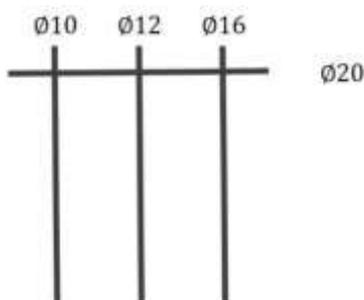


Figura 4.16 – Ilustração do esquema 5

O ensaio 1 e 2 foram realizados com a presença de um estribo de 20 mm, para distância entre os varões (dv) de 12 cm entre e 7 cm respectivamente.

Tabela 4.15 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios sem estribo

Proximidade		1			2		
		Diâmetro (mm)					
Valores reais		10	12	16	10	12	16
Resultados	Ensaio 1 (dv=12cm; c/estribo)	7.3	10.5	14.8	<7	10.6	15.1
	Ensaio 2 (dv=7cm; c/estribo)	<7	8.6	13.5	<7	7.3	12.4

Os resultados são, numa primeira análise, aceitáveis. Verifica-se que a introdução de um estribo de diâmetro superior ao diâmetro dos varões principais não tem influência importante nos resultados.

#### 4.3.3.1.6 Esquema 6

Para o esquema 6, que ilustra a figura 4.17, foram realizados 2 ensaios com diferentes condições, com o modelo S do equipamento. Na tabela 4.16 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Cada ensaio foi repetido, da esquerda para a direita, sentido 1, e posteriormente da direita para a esquerda, sentido 2.

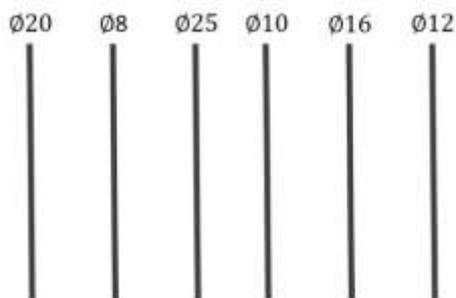


Figura 4.17 – Ilustração do esquema 4

O ensaio 1 e 2 foram realizados sem estribo incluído, para distância entre os varões (dv) de 12 cm entre e 7 cm respectivamente.

Tabela 4.16 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios sem estribo

Sentido		1						2					
		Diâmetro (mm)											
Valores reais		20	8	25	10	16	12	20	8	25	10	16	12
Resultados	Ensaio 1 (dv=12cm)	18.7	7.2	23.6	9.1	15.1	11.6	18.7	7.0	22.9	9.2	15.0	11.6
	Ensaio 2 (dv=7cm)	19.2	11.8	25.1	13.3	17.2	14.2	19.1	12.1	24.2	13.2	16.4	12.7

No caso deste ensaio avaliou-se a identificação de diferentes diâmetros de varões variando a sua proximidade. O que se pode verificar é que quando os varões se encontram mais afastados entre si os resultados são uniformemente aceitáveis, ao passo que estando os varões mais próximos a identificação dos varões de diâmetros como 8 e 10 mm, que posicionados entre varões de diâmetros maiores, apresentam maiores desvios face ao esperado.

#### 4.3.3.2 Análise de resultados

Segundo os resultados obtidos é possível concluir que proximidades aos valores reais são melhores do que o método de estudo apresentado na secção 4.3.1.

Quanto à utilização do tipo de modelo *SCANLOG* apresenta piores resultados do que o modelo *S*, como se pode verificar na tabela dos recobrimentos do esquema 1, que apresenta um desvio máximo de 7 mm.

Observa-se uma mínima variação de resultados na repetição do ensaio, para os diferentes sentidos, o que se pode afirmar que a repetibilidade dos ensaios foi boa.

Quando se introduz o estribo é de observar uma ligeira influência dos resultados, como por exemplo o esquema 2, que apresenta um diâmetro de estribo intermédio em relação aos varões, resultando um desvio máximo de 8 mm. No caso do diâmetro do estribo ser muito inferior ou superior ao dos varões, este tem pouca influência, como se pode confirmar nos esquemas 3 e 5, que apresentam um desvio máximo de 3 mm. O caso de um estribo com diâmetro pequeno e varões maiores apresenta, de forma geral, um menor erro do que o contrário.

Quanto à proximidade ao estribo e da distância entre os varões:

- ✓ Para os ensaios com a sonda afastada do estribo pode se verificar que os resultados são melhores, sempre dentro dos valores aceitáveis;
- ✓ Quando os varões estão mais afastados entre si também se pode observar uma melhoria de resultados, como por exemplo nos esquemas 2, 3 e 5, que apresentam um desvio máximo de entre os 2 e os 3 mm.

Quanto ao último esquema, que apresenta uma grande variedade de diâmetros, avaliou-se a capacidade de identificação para a diferença nos afastamentos entre os varões ensaiados:

- ✓ Quando afastados os varões, a identificação apresenta um melhor comportamento, com um desvio máximo de 2 mm e 1 mm, para diâmetros máximo e mínimo respetivamente;
- ✓ Quando os varões se encontram mais próximos, resulta um desvio máximo de 1 mm e 4 mm, para diâmetros máximo e mínimo respetivamente.

#### 4.3.4 Ensaio em placa de betão (móvel) com introdução de varões

Depois de concluídos os resultados do ensaio anterior, surgiu a necessidade de garantir as capacidades do equipamento idêntica ao método da placa de betão, mas neste caso trata-se de um modelo que permite a variação de diferentes configurações da estrutura. Foram feitos diversos ensaios, em que varões de aço com dimensões diferentes foram introduzidos sob uma placa de betão com cerca de 30 cm de espessura. A composição da mistura de betão para a placa utilizada foi idêntica ao do método apresentado na secção 4.3.1, podemos ver na figura 4.18 o momento de betonagem da placa.



Figura 4.18 – Betonagem da placa sem armadura

Este sistema constituído por uma caixa de madeira, onde foi colocado no fundo uma esponja com 30 cm de espessura. A esponja permite que, assentando os varões na mesma com a posição desejada, estes não se movimentem. Depois de montada a configuração de armaduras desejada coloca-se a placa de betão, dando deste modo versatilidade ao sistema.

Para este método de estudo foram avaliados os diâmetros de medição, com o auxílio das correções necessárias ao equipamento. Foram disponibilizados varões de aço com diâmetros de 8, 10, 12, 16, 20, 25 e 32 mm. Na figura 4.19 é visível um exemplo de esquema de ensaio utilizado.



Figura 4.19 – Exemplo de esquema de ensaio em placa móvel

#### 4.3.4.1 Resultados

Estes ensaios foram executados com a função que permite localizar e determinar os diâmetros de uma estrutura de betão armado (*Measure with Statistics*), com a opção *Bar Diameter* (dm) igual a 16 e o modelo do equipamento utilizado foi S. Para cada condição de ensaio foram repetidos 4 vezes, 2 no sentido da esquerda para a direita e das outras 2 vezes da direita para a esquerda. Neste caso houve maior preocupação foi a repetibilidade dos ensaios.

Numa primeira fase, foram avaliadas diferentes configurações de varões para diferentes distâncias entre os mesmos: 5, 10, 15 e 20 cm. Na última fase foram avaliados diversos varões a uma distância constante de 15 cm entre si, mas neste caso foram introduzidos estribos, um de 8 e outro de 10 mm, analisando variação da distância entre estes: 15 e 20 mm.

Em alguns dos ensaios foi utilizada a opção de correção que o equipamento permite, indicada para melhorar a precisão na medição. A correção utilizada foi a chamada correção das barras vizinhas (*Neighbouring bar corrections*), adequada para a determinação do diâmetro de varões em disposições de barras paralelas com pouco espaçamento e constante. Nesta opção de correção deve introduzir-se o valor exato do espaçamento entre varões (b).

##### 4.3.4.1.1 Esquema 1

Para o esquema 1, figura 4.20, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.17 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

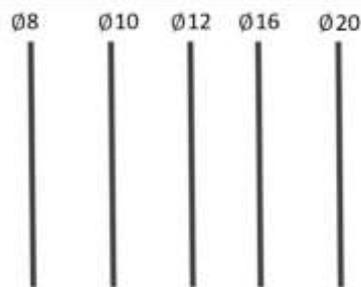


Figura 4.20 – Ilustração do esquema 1

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm, respetivamente, e foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respetivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respetivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.17 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 1

Sentido			1					2				
			Diâmetro (mm)									
Valores reais			8	10	12	16	20	8	10	12	16	20
Resultados	Ensaio 1 (dv=5cm; b=5)	1	7.5	9.7	11.4	15.6	16.6	7.8	9.8	11.8	16.3	16.1
		2	7.3	9.7	11.5	15.2	16.1	<7	<7	8.9	13.2	14.4
	Ensaio 2 (dv=10cm; b=10)	1	7.0	9.4	11.7	15.2	18.8	8.2	10.5	12.4	16.1	18.7
		2	7.8	10.0	12.1	16.0	18.5	8.0	10.5	12.4	16.1	18.8
	Ensaio 3 (dv=15cm)	1	8.2	10.3	11.9	15.8	19.3	7.8	10.3	11.8	16.1	19.5
		2	8.3	10.6	12.1	16.2	19.5	8.3	10.6	11.6	15.9	19.5
	Ensaio 4 (dv=20cm)	1	8.0	10.5	11.8	16.2	19.8	7.5	10.5	12.0	16.4	20.3
		2	7.8	10.1	11.7	16.2	20.2	7.8	10.2	11.2	16.1	20.3

Numa das tentativas do ensaio 1 pode-se observar uma discrepância de valores, causada eventualmente por um descuido no momento de calibração do equipamento. Em geral, apresenta-se uma ligeira diferença entre os valores obtidos e o esperado, revelando valores bastante aceitáveis.

**4.3.4.1.2 Esquema 2**

Para o esquema 2, figura 4.21, foram realizados 5 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.18 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

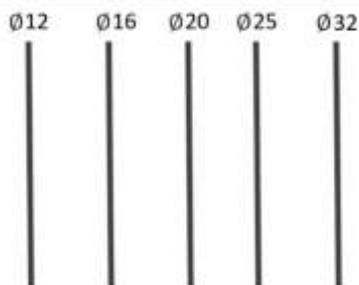


Figura 4.21 – Ilustração do esquema 2

Para os ensaios 2 e 3, os varões distam 5 e 10 cm, respectivamente, e foram realizados com a opção de correção das barras vizinhas. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e

10 cm, respetivamente. Quanto aos ensaios 1, 4 e 5, os varões distam, respetivamente, 5, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.18 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 2

Sentido		1					2					
		Diâmetro (mm)										
Valores reais		12	16	20	25	32	12	16	20	25	32	
Resultados	Ensaio 1 (dv=5cm; s/correção)	1	14.3	20.5	28.1	36.9	36.6	<7	12.7	19.8	26.7	28.0
		2	13.7	19.6	27.0	34.6	35.4	14.6	20.0	27.4	34.5	37.0
	Ensaio 2 (dv=5cm; b=5)	1	10.7	15.3	20.1	24.7	25.4	<7	9.7	14.4	19.2	20.3
		2	15.3	15.3	19.8	24.0	24.9	8.5	13.2	17.9	22.2	23.3
	Ensaio 3 (dv=10cm; b=10)	1	12.3	15.5	18.8	23.9	28.8	13.6	15.9	19.0	24.4	28.9
		2	12.9	15.7	18.9	24.0	28.9	13.1	15.9	18.9	24.2	28.9
	Ensaio 4 (dv=15cm)	1	11.8	15.8	19.0	24.8	30.5	11.6	15.9	19.6	25.0	30.9
		2	11.6	15.6	18.8	24.7	30.4	11.8	16.0	19.5	24.8	31.0
	Ensaio 5 (dv=20cm)	1	12.0	16.1	19.4	24.9	30.4	12.0	16.1	19.4	25.1	31.1
		2	11.8	15.9	19.2	25.1	30.9	12.0	16.3	19.3	25.2	30.8

Neste caso foi avaliada diferença entre o uso ou não da correção recomendada, o que se verificou entre os ensaios 1 e 2 uma grande influência na obtenção desses resultados. A discrepância de alguns resultados, pode estar também relacionada com um descuido na calibração do aparelho. Os varões de diâmetro como 20, 25 e 32 mm apresentam pior resultado, principalmente quanto mais próximos estiverem entre si. A influência do aumento da distância entre os varões verifica-se, pois quanto maior distância melhor os resultados.

4.3.4.1.3 Esquema 3

Para o esquema 3, figura 4.22, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.19 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

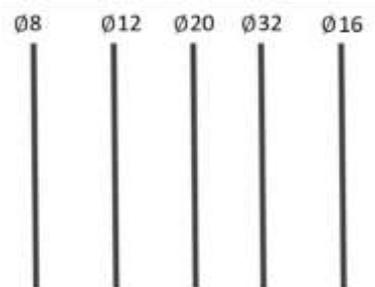


Figura 4.22 – Ilustração do esquema 3

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm, respectivamente, e foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respectivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respectivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.19 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 3

Sentido			1					2				
			Diâmetro (mm)									
Valores reais			8	12	20	32	16	8	12	20	32	16
<b>Resultados</b>	<b>Ensaio 1</b> (dv=5cm; b=5)	1	8.2	11.8	19.3	23.9	17.3	<7	11.2	19.7	24.4	16.9
		2	8.8	12.9	21.0	24.7	16.8	8.9	12.8	20.1	25.0	17.8
	<b>Ensaio 2</b> (dv=10 cm; b=10)	1	7.8	11.7	18.7	28.7	16.4	7.6	12.0	18.8	28.4	16.5
		2	7.2	11.6	18.5	28.3	16.1	7.0	11.6	18.7	28.6	16.6
	<b>Ensaio 3</b> (dv=15 cm)	1	7.4	11.4	18.8	30.5	15.7	7.5	11.9	19.5	30.9	16.5
		2	7.5	11.7	19.5	30.8	16.3	7.4	11.7	19.3	31.1	16.5
	<b>Ensaio 4</b> (dv=20 cm)	1	7.6	11.4	18.9	30.9	15.9	7.5	11.5	19.0	29.9	15.9
		2	7.6	11.6	18.9	30.7	16.0	7.7	11.7	19.1	30.5	16.0

Novamente se verificam piores resultados no caso de varões de diâmetro como 32 mm, principalmente quando mais próximos e a influência do aumento da distância entre os varões.

## 4.3.4.1.4 Esquema 4

Para o esquema 4, figura 4.23, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.20 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

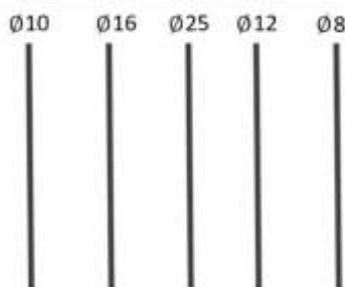


Figura 4.23 – Ilustração do esquema 4

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm e foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respetivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respetivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.20 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 4

Sentido			1					2				
			Diâmetro (mm)									
Valores reais			10	16	25	12	8	10	16	25	12	8
<b>Resultados</b>	<b>Ensaio 1</b> (dv=5 cm; b=5)	1	9.6	15.7	19.9	13.3	7.5	7.7	14.6	18.9	12.3	<7
		2	9.7	16.2	20.3	14.1	8.1	7.7	14.9	19.3	13.0	7.2
	<b>Ensaio 2</b> (dv=10 cm; b=10)	1	10.2	15.8	23.3	12.3	7.7	10.2	16.0	23.6	12.5	7.6
		2	8.9	14.9	22.4	11.2	<7	9.8	15.8	23.2	12.3	7.6
	<b>Ensaio 3</b> (dv=15 cm)	1	10.3	15.9	24.8	12.1	8.2	10.1	16.1	25.0	12.1	8.2
		2	10.3	16.2	24.8	12.1	8.1	10.1	15.8	24.9	11.8	8.2
	<b>Ensaio 4</b> (dv=20 cm)	1	10.1	15.6	24.4	12.3	8.2	10.3	15.7	24.4	12.2	8.4
		2	10.2	15.5	24.6	12.2	8.2	10.3	15.6	24.3	12.3	8.4

Neste caso os valores obtidos estão dentro do aceitável, no entanto observa-se que pioram quanto mais próximos estiverem os varões.

4.3.4.1.5 Esquema 5

Para o esquema 5, figura 4.24, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.21 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

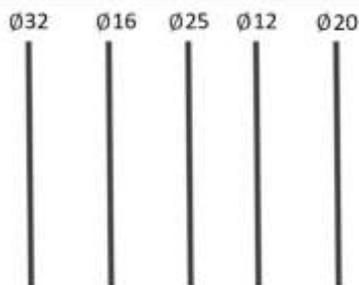


Figura 4.24 – Ilustração do esquema 5

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm e foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respectivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respectivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.21 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 5

Sentido			1					2				
			Diâmetro (mm)									
Valores reais			32	16	25	12	20	32	16	25	12	20
<b>Resultados</b>	<b>Ensaio 1</b> (dv=5 cm; b=5)	1	23.6	21.4	20.6	16.3	16.8	23.3	21.6	19.7	16.7	16.1
		2	23.5	21.6	20.6	16.4	16.5	23.2	21.5	20.7	17.2	16.1
	<b>Ensaio 2</b> (dv=10 cm; b=10)	1	31.7	17.3	25.5	12.5	18.4	27.9	16.7	23.1	12.6	18.4
		2	27.9	16.6	22.9	12.3	18.2	28.0	16.8	23.3	12.7	18.5
	<b>Ensaio 3</b> (dv=15 cm)	1	30.2	16.1	24.6	12.3	19.9	30.1	16.2	24.3	12.0	20.0
		2	30.3	15.8	24.6	12.0	20.0	30.1	16.0	24.5	12.1	20.0
	<b>Ensaio 4</b> (dv=20 cm)	1	30.5	15.8	24.8	12.2	20.1	30.1	15.8	25.0	12.2	20.0
		2	30.1	15.7	25.0	12.1	20.0	29.8	15.0	24.6	12.1	20.3

Mais uma vez se verifica que, quanto maior o diâmetro dos varões, e mais próximos estiverem entre si, pior os resultados.

## 4.3.4.1.6 Esquema 6

Para o esquema 6, figura 4.25, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.22 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

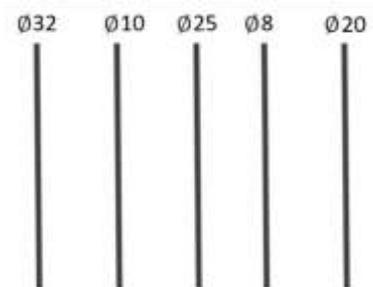


Figura 4.25 – Ilustração do esquema 6

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm, foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respetivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respetivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.22 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios esquema 6

Sentido			1					2				
			Diâmetro (mm)									
Valores reais			32	10	25	8	20	32	10	25	8	20
Resultados	Ensaio 1 (dv=5 cm; b=5)	1	22.7	18.5	19.4	13.7	15.8	22.7	18.6	19.6	13.9	15.6
		2	22.8	18.7	19.7	13.7	15.9	22.7	18.8	19.3	13.9	15.4
	Ensaio 2 (dv=10 cm; b=10)	1	28.3	11.2	23.0	8.9	18.4	28.4	11.6	22.9	9.2	18.5
		2	28.1	11.0	23.0	9.1	18.5	28.4	11.4	23.1	9.0	18.8
	Ensaio 3 (dv=15 cm)	1	29.5	9.5	24.5	7.8	20.2	30.4	10.3	24.6	7.8	20.2
		2	30.6	9.9	24.7	8.0	20.8	30.9	10.2	24.7	7.8	20.1
	Ensaio 4 (dv=20 cm)	1	30.1	9.9	24.9	8.1	19.9	30.3	10.1	24.8	8.0	19.9
		2	30.4	10.4	25.1	8.4	20.3	30.6	10.3	24.8	8.0	19.8

Aqui verifica-se que os resultados são abaixo do desejado, quando um varão de menor diâmetro (8 e 10 mm) se encontra entre varões de muito maior diâmetro e para os varões de maior diâmetro (32 mm) quando mais próximos entre si.

4.3.4.1.7 Esquema 7

Para o esquema 7, figura 4.26, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.23 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

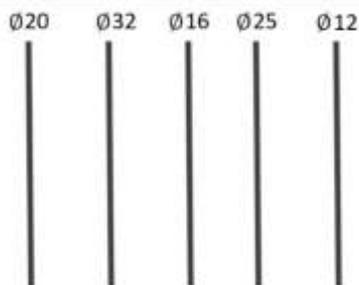


Figura 4.26 – Ilustração do esquema 7

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm, respectivamente, e foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respectivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respectivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.23 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 7

Sentido		1					2					
		Diâmetro (mm)										
Valores reais		20	32	16	25	12	20	32	16	25	12	
Resultados	Ensaio 1 (dv=5 cm; b=5)	1	18.5	24.6	19.9	20.3	13.3	18.8	25.5	20.7	20.8	13.7
		2	19.3	25.2	20.5	20.5	13.8	18.9	25.6	20.9	20.9	13.4
	Ensaio 2 (dv=10 cm; b=10)	1	18.6	28.3	16.6	23.4	12.5	18.3	28.4	16.3	23.4	12.5
		2	18.8	28.7	16.6	23.5	12.3	18.9	28.2	16.4	23.3	12.4
	Ensaio 3 (dv=15 cm)	1	19.3	30.3	16.1	24.5	12.2	19.8	31.1	16.4	24.8	12.5
		2	19.5	30.5	16.3	24.8	12.4	19.8	30.5	16.3	24.8	12.6
	Ensaio 4 (dv=20 cm)	1	19.5	30.5	16.2	25.4	12.4	18.8	30.3	15.8	24.9	11.9
		2	19.3	30.6	16.1	25.5	12.4	19.5	29.2	15.9	25.1	12.3

Aqui também se verifica que, quanto maior o diâmetro dos varões e maior proximidade entre si, pior os resultados.

## 4.3.4.1.8 Esquema 8

Para o esquema 8, figura 4.27, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.24 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

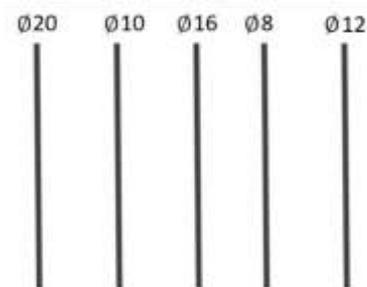


Figura 4.27 – Ilustração do esquema 8

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm, respectivamente, e foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respectivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respectivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.24 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 8

Sentido		1					2					
		Diâmetro (mm)										
Valores reais		20	10	16	8	12	20	10	16	8	12	
Resultados	Ensaio 1 (dv=5 cm; b=5)	1	12.2	12.2	12.6	9.9	9.7	15.2	12.7	13.5	10.9	10.0
		2	15.0	12.5	13.4	10.6	10.2	15.8	12.8	13.6	10.6	10.1
	Ensaio 2 (dv=10 cm; b=10)	1	18.9	10.9	16.0	8.1	12.1	18.2	10.7	15.9	8.2	12.1
		2	18.6	10.5	15.8	8.2	11.9	18.2	10.4	15.8	8.1	12.1
	Ensaio 3 (dv=15 cm)	1	19.1	10.0	15.8	7.8	12.5	19.7	10.5	16.2	7.6	12.4
		2	19.3	10.3	16.0	7.9	12.5	19.1	10.3	16.1	8.0	12.5
	Ensaio 4 (dv=20 cm)	1	19.0	9.8	16.0	8.3	12.3	19.5	10.3	15.9	8.5	12.1
		2	19.5	10.3	15.9	8.5	12.4	19.5	10.0	15.7	8.1	12.3

Aqui os valores obtidos estão dentro do aceitável, no entanto observa-se maior pioram quanto mais próximos entre si e maiores forem os seus diâmetros.

4.3.4.1.9 Esquema 9

Para o esquema 9, figura 4.28, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.25 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

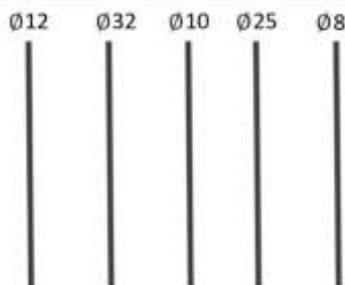


Figura 4.28 – Ilustração do esquema 9

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm, foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respectivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respectivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.25 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 9

Sentido		1					2					
		Diâmetro (mm)										
Valores reais		12	32	10	25	8	12	32	10	25	8	
Resultados	Ensaio 1 (dv=5 cm; b=5)	1	15.8	23.5	18.3	19.6	12.5	14.9	23.2	17.8	19.5	13.2
		2	14.7	23.3	17.8	19.3	13.7	15.0	23.4	18.0	19.5	13.6
	Ensaio 2 (dv=10 cm; b=10)	1	12.4	28.1	11.4	23.3	8.1	12.7	28.2	11.3	23.3	8.5
		2	12.9	28.5	11.7	23.5	8.4	12.5	28.2	11.6	23.4	8.4
	Ensaio 3 (dv=15 cm)	1	11.8	30.4	10.4	24.8	8.3	12.2	30.6	10.4	25.0	8.4
		2	12.1	31.1	10.7	25.1	8.4	12.0	31.1	10.5	25.0	8.4
	Ensaio 4 (dv=20 cm)	1	11.9	30.6	10.4	25.0	8.3	11.7	30.3	10.1	25.0	8.5
		2	11.8	30.9	10.4	25.2	8.4	11.9	30.3	9.6	24.8	8.4

Neste esquema também se verificam que os resultados piores, quando um varão de menor diâmetro se encontra entre varões de muito maior diâmetro e para os varões de maior diâmetro quando mais próximos entre si.

## 4.3.4.1.10 Esquema 10

Para o esquema 10, figura 4.29, foram realizados 4 ensaios com diferentes condições. Na tabela 4.26 apresentam-se os resultados de diâmetros dos ensaios em mm. Este caso não contém estribos.

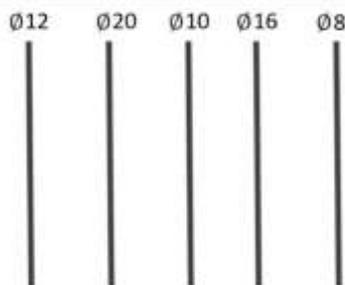


Figura 4.29 – Ilustração do esquema 10

Para os ensaios 1 e 2, os varões distam 5 e 10 cm, respectivamente, e foram realizados com a opção de correção. Para a correção foi introduzido em b, distância entre varões, o valor de 5 e 10 cm, respectivamente. Quanto aos ensaios 3 e 4, os varões distam, respectivamente, 15 e 20 cm e foram realizados sem a opção de correção.

Tabela 4.26 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 10

Sentido		1					2					
		Diâmetro (mm)										
Valores reais		12	20	10	16	8	12	20	10	16	8	
Resultados	Ensaio 1 (dv=5 cm; b=5)	1	11.7	16.4	12.7	13.2	8.6	12.6	16.9	13.4	13.8	9.4
		2	12.3	16.7	12.9	13.5	9.9	12.2	17.2	13.0	13.4	9.7
	Ensaio 2 (dv=10 cm; b=10)	1	12.5	18.5	10.5	15.3	8.0	12.5	18.7	10.9	15.9	8.3
		2	12.1	18.3	10.2	15.5	7.4	11.7	18.5	10.3	15.4	8.3
	Ensaio 3 (dv=15 cm)	1	12.0	19.3	10.8	16.1	8.4	12.6	19.7	10.7	16.4	8.6
		2	12.4	19.6	10.6	16.3	8.6	12.5	19.7	10.8	16.4	8.5
	Ensaio 4 (dv=20 cm)	1	12.4	19.4	9.8	15.7	7.7	12.6	19.6	10.5	16.1	8.1
		2	12.2	19.6	10.5	16.7	8.2	12.7	19.4	10.2	16.3	8.3

Estes valores obtidos são aceitáveis, contudo ainda se observa que pioram ligeiramente quanto mais próximos estão os varões.

**4.3.4.1.11 Esquema 11**

Para o esquema 11, figura 4.30, foi realizado 1 ensaio apenas, com uma distância entre os varões de 15 cm. Na tabela 4.27 apresentam-se os resultados de diâmetros do ensaio em mm.

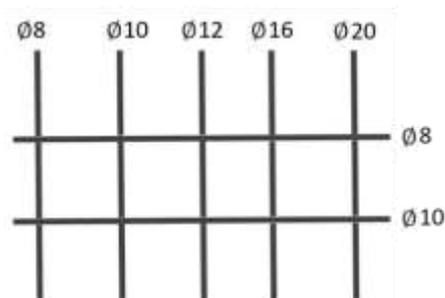


Figura 4.30 – Ilustração do esquema 11

O ensaio foi realizado com presença de dois estribos de 8 e 10 mm, distanciados de 20cm.

Tabela 4.27 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 11

Sentido		1					2				
		Diâmetro (mm)									
Valores reais		8	10	12	16	20	8	10	12	16	20
Resultados	1	9.3	11.2	12.8	16.5	20.2	9.5	10.9	12.5	16.6	20.8
	2	9.5	11.0	12.7	16.8	20.7	10.5	11.3	12.5	16.6	20.7

Desta vez foi avaliado o comportamento através do uso de estribos, ao que se verificou resultados aceitáveis, tendo em conta a sensibilidade que um estribo pode provocar.

## 4.3.4.1.12 Esquema 12

Para o esquema 12, figura 4.31, foram realizados 2 ensaios, com uma distância entre os varões de 15 cm. Na tabela 4.28 apresentam-se os resultados de diâmetros do ensaio em mm.

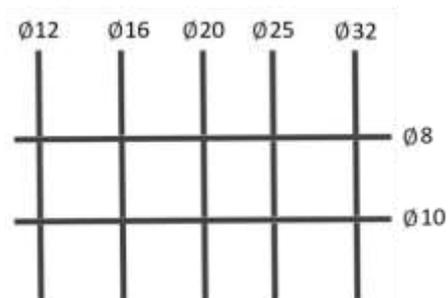


Figura 4.31 – Ilustração do esquema 12

O ensaio foi realizado com presença de dois estribos de 8 e 10 mm, distanciados de 20cm, ensaio 1, e 15 cm, ensaio 2.

Tabela 4.28 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 12

Sentido		1					2					
		Diâmetro (mm)										
Valores reais		12	16	20	25	32	12	16	20	25	32	
Resultados	Ensaio 1 (de=20 cm)	1	12.5	16.7	20.0	25.1	31.6	12.9	16.7	19.7	24.9	31.3
		2	12.6	16.6	19.9	25.0	31.3	12.9	16.8	19.9	25.1	31.5
	Ensaio 2 (de=15 cm)	1	12.8	16.6	19.8	24.7	31.2	13.3	17.0	20.1	24.9	30.4
		2	13.0	16.8	19.9	24.9	31.1	13.3	16.8	20.1	25.3	31.5

Neste caso pode-se verificar resultados muito positivos, tendo em conta a sensibilidade que um estribo pode provocar, contudo de observar que estes são varões com diâmetros superiores aos dos estribos.

4.3.4.1.13 Esquema 13

Para o esquema 13, figura 4.32, foram realizados 2 ensaios, com uma distância entre os varões de 15 cm. Na tabela 4.29 apresentam-se os resultados de diâmetros do ensaio em mm.

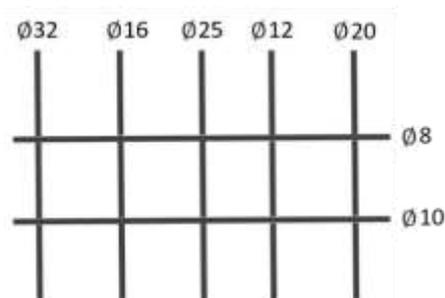


Figura 4.32 – Ilustração do esquema 13

O ensaio foi realizado com presença de dois estribos de 8 e 10 mm, distanciados de 20cm, ensaio 1, e 15 cm, ensaio 2.

Tabela 4.29 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 13

Sentido			1					2				
			Diâmetro (mm)									
Valores reais			32	16	25	12	20	32	16	25	12	20
Resultados	Ensaio 1 (de=20 cm)	1	31.1	16.8	24.7	12.3	20.7	31.0	17.0	25.0	12.3	20.4
		2	30.8	17.0	24.6	12.3	20.3	30.6	17.0	24.9	12.3	20.3
	Ensaio 2 (de=15 cm)	1	31.4	17.4	25.1	13.2	21.0	29.8	17.0	24.9	13.3	20.9
		2	31.0	17.3	25.1	13.1	20.9	30.0	17.3	25.3	13.3	21.1

Neste caso também se usou varões com diâmetros superiores aos dos estribos, o que se verificou resultados admissíveis.

## 4.3.4.1.14 Esquema 14

Para o esquema 14, figura 4.33, foram realizados 2 ensaios, com uma distância entre os varões de 15 cm. Na tabela 4.25 apresentam-se os resultados de diâmetros do ensaio em mm.

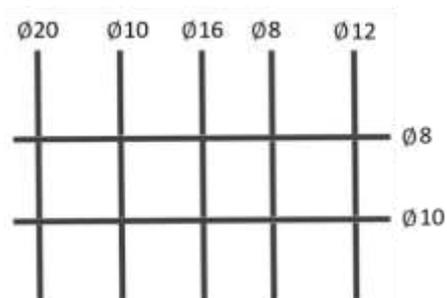


Figura 4.33 – Ilustração do esquema 14

O ensaio foi realizado com presença de dois estribos de 8 e 10 mm, distanciados de 20cm, ensaio 1, e 15 cm, ensaio 2.

Tabela 4.30 – Diâmetros reais e resultados dos ensaios, esquema 14

Sentido			1					2				
			Diâmetro (mm)									
Valores reais			20	10	16	8	12	20	10	16	8	12
Resultados	Ensaio 1 (de=20 cm)	1	20.8	10.8	16.7	8.6	13.5	20.3	12.1	16.5	8.4	13.3
		2	20.6	11.4	16.5	9.4	13.5	20.3	11.9	16.7	8.2	13.2
	Ensaio 2 (de=15 cm)	1	21.2	11.6	16.7	9.4	13.8	20.4	13.1	17.7	11.9	14.2
		2	21.3	11.9	16.9	10.4	13.8	20.4	12.4	16.6	9.9	14.0

Nesta situação apresentam-se alguns varões com diâmetros iguais aos estribos, o que originou resultados um pouco distantes do desejado, principalmente quando mais próximos os estribos.

#### 4.3.4.2 Análise de resultados

Depois de obtidos os resultados dos diferentes ensaios do presente método de estudo e analisando os mesmos, é possível retirar algumas práticas do equipamento e suas capacidades.

A repetibilidade foi um dos fatores que se deu importância na realização deste método. Em geral, verificou-se uma variação insignificante na repetição dos ensaios, deste modo, pode dizer-se que foi alcançada uma boa repetibilidade.

Foram realizados 2 ensaios para o mesmo esquema e com a mesma distância entre varões, de 5 cm, um com e outro sem correção, o que permitiu tirar uma conclusão sobre utilização ou não da correção. Nos resultados do esquema 2, para os ensaios com distância entre varões de 5 cm, pode verificar-se um desvio máximo de 12 mm quando o ensaio foi realizado sem a devida correção, quanto ao de correção o desvio máximo é de 7 mm.

Em geral, quando a proximidade entre varões é de 5, 10, 15 e 20 cm, apresenta um desvio máximo de 9, 4, 2.5 e 2.8 mm, respetivamente. Quanto maior o diâmetro e menor a distância entre os varões mais influência se verifica nos resultados, como se pode observar em todos os casos em que se tem presente um varão de 32 mm. Varões de diâmetro pequeno que se encontrem entre outros de diâmetro grande, sendo a distância entre eles mais próxima, revelam maiores desvios nos resultados, como se pode verificar um desvio máximo de 6 mm no esquema 6.

Nos ensaios com adição de estribos pode se observar que valores obtidos estão dentro do aceitável. Diâmetros de varões iguais ou muito próximos do diâmetro do estribo têm maior influência nos resultados, como por exemplo o esquema 14, que apresenta um desvio máximo de 4 mm. Com uma distância entre estribos menor, os valores são ligeiramente distantes do desejado, principalmente para varões de menores diâmetros. Verifica-se desvio máximo de 2.5 e 3.9 mm, para a distância entre estribos de 20 e 10 cm, respetivamente. Estribos de pequeno diâmetro influenciam mais a identificação de varões de diâmetro pequeno.

O facto de ter sido adquirida uma constante experiência no decorrer dos ensaios anteriores e se poder então compreender que pontos seriam necessários avaliar, este foi um método que, sendo o último, permitiu uma clara melhoria de resultados.

## **5. MANUAL DE PROCEDIMENTOS DE UM EQUIPAMENTO DE DETEÇÃO DE ARMADURA**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

O presente manual contém recomendações e descreve os procedimentos de operação para o equipamento de deteção de armaduras. Inclui a descrição dos métodos de aplicação, a capacidade de precisão e os fatores influentes para os resultados do equipamento.

Este equipamento pode ser utilizado para localizar, estimar o diâmetro, a profundidade (recobrimento) e a distância de varões de aço em elementos de betão, de forma não-destrutiva.

O procedimento do ensaio de deteção e caracterização de armaduras em elementos de betão baseia-se na norma BS 1881: Part 204: 1988 – *Testing concrete; Recommendations on the use of electromagnetic covermeters*.

### **5.2 APLICAÇÃO**

O ensaio de deteção e caracterização de armaduras em elementos de betão pode ser aplicado a diversas situações, como por exemplo:

- ✓ O controlo de qualidade dos elementos, verificando a localização, recobrimento insuficiente e dimensões dos varões de aço após a introdução do betão;
- ✓ O exame a elementos de betão armado para caso de registos indisponíveis ou com necessidade de verificação;
- ✓ Identificação de armaduras durante a escolha dos locais para a extração de carotes;
- ✓ A localização de outros objetos ferromagnéticos incluídos em elementos de betão, tais como: condutas de iluminação, tubulações de água e vigas de aço.

O sistema constituído pela sonda e pelo dispositivo indicador é leve e compacto permitindo de uma forma económica, detetar armaduras, determinar o recobrimento e o respetivo diâmetro dessas armaduras. É

um equipamento simples de usar e de muita precisão. Em casos onde o betão seja ligeiramente reforçado, este ensaio *in situ* fornece valores confiáveis (Medina, 2013).

### 5.3 EQUIPAMENTO

O equipamento adquirido pela empresa e especificado no presente documento é um *profometer*<sup>R5+</sup> modelo S e *SCANLOG* da *proceq*, figura 5.1.



Figura 5.1 – PROFOMETER 5+ Rebar Detection System (Proceq, 2012)

Trata-se de um aparelho alimentado por baterias, composto por um módulo central, figura 5.2, servido de visor de leitura com registo de dados e microprocessador, ligado a uma sonda eletromagnética, que lhe transmite a informação recolhida e esta pode incluir o *ScanCar*.

O método de medição é baseado no princípio de corrente de Foucault com indução por pulso.



Figura 5.2 – Módulo central – PROFOMETER 5+

O modelo S, figura 5.3, é indicado para realizar a função *Measure w. Statistics* e permite:

- ✓ Localizar os varões de aço;
- ✓ Determinar a espessura de recobrimento;
- ✓ Determinar os diâmetros dos varões de aço;
- ✓ Armazenar os resultados individuais e avaliação estatística.



Figura 5.3 – Sonda universal – PROFOMETER 5+

O modelo SCANLOG, figura 5.4, é idêntico ao modelo anterior, mas indicado para realizar as funções *Scanning Bars* e *Measure with Grid*, que adicionalmente permite:

- ✓ Mapear todo o caminho de avaliação do recobrimento, com o auxílio da ScanCar (sonda com carrinho);
- ✓ Armazenar os objetos resultantes das mesmas funções.



Figura 5.4 – Sonda Universal e ScanCar – PROFOMETER 5+

A parte frontal da sonda móvel corresponde ao disco único (PROCEQ SA, 2012).

## 5.4 PREPARAÇÃO

Para o ensaio de deteção de armaduras não é necessário preparação elaborada. Apenas é conveniente fazer uma limpeza da superfície a estudar, para que não existam impurezas ou outros elementos estranhos ao betão (BS 1881-204, 1998).

## 5.5 PROCEDIMENTOS INICIAIS

1. Colocar as pilhas;
2. Conectar a sonda universal à entrada A;
  - 2.1. Se utilizar o *ScanCar*, conectar também à entrada B;
  - 2.2. No caso de ruídos altos nas proximidades, utilizar o fone de ouvido, conectar à tomada marcada com o símbolo de fone de ouvido;



Figura 5.5 – Legenda de cabos conectáveis – módulo central



Figura 5.6 – Legenda de cabos conectáveis – sonda universal e *ScanCar*

1. Pressionar a tecla *ON/OFF*;



Figura 5.7 – Indicação do *ON/OFF* no painel de botões

- 1.1. Atenção aos dados inicialmente apresentados no visor: modelo do instrumento, número de série do instrumento, versão do *software* instalado, situação do autoteste automático e estado da bateria;
2. Aparece a medição do objeto anterior;
  - 2.1. Para ligar a luz de fundo do LCD, pressionar pelo menos de 2 s a tecla ↑.



Figura 5.8 – Indicação para ligar luz de fundo no painel de botões

## 5.6 CONFIGURAÇÕES

1. Pressione a tecla *MENU*;



Figura 5.9 – Indicação do menu no painel de botões

2. Configurar em *Bar Diameter* o tamanho do varão existente na estrutura, para melhor precisão de leitura dos recobrimentos;
  - i. Para diâmetro desconhecido, usar tamanho-padrão 16mm;
3. Alterar *Object No.*, pois os resultados de ensaio são armazenados por número de objeto;
  - i. O primeiro dígito do número de objeto é alterado automaticamente, de acordo com a função de medição: 1 - *Measure w. Statistics*; 2 - *Scanning Bars* e 3 - *Measure with Grid*.
4. Editar o *Limit Value* – valor de recobrimento, se conhecido, para melhor precisão de leitura;
5. Para melhor precisão na medição deve proceder-se às possíveis correções em *Corrections*:
  - i. Para a determinação do diâmetro do varão em disposições de barras paralelas com pouco espaçamento deve usar-se o modo *Neighboring bar corrections*, inserindo o espaçamento determinado anteriormente ou conhecido;
    - a. Aconselhada para casos como estruturas em que o espaçamento entre varões é menor do que o aconselhado, onde a medição pode apresentar um valor de recobrimento extremamente baixo e de diâmetro extremamente alto;
    - b. Aplicável apenas para barras paralelas em ambos os lados.
  - ii. Para a medição do recobrimento em varões dispostos ortogonalmente próximos uns dos outros deve usar-se o modo *2-Layer-Correction*, inserindo os espaçamentos a e b determinados na localização;
    - a. Esta correção permite uma leitura mais apurada do recobrimento;
    - b. Os varões próximos induzem a um sinal de medição extremamente forte, o qual pode ser corrigido desta forma;
    - c. Este modo só pode ser ativado na função de medição *Measure w. Statistics*.
6. Caso necessário altera o idioma do equipamento, selecionar *Language*;
7. Em *Basic Setups* é possível fazer configurações básicas:
  - i. Selecionar *Unit*, para alternar o sistema métrico (mm ou polegadas) do diâmetro;
  - ii. Selecionar *Audible locating aid*, para alterar o toque de detecção.

## 5.7 PROCEDIMENTOS

### 5.7.1 *Measure w. Statistics*

Depois da instalação do modelo S, dos procedimentos iniciais e das configurações necessárias, selecionar *Measure w. Statistics*.



Figura 5.10 – Plano da função *Measure w. Statistics*

1. Processar *Reset*:

- i. Segurar a sonda no ar (apontado para zona livre de objetos metálicos) e pressionar a tecla *START/RESET*;
- ii. Repetir este procedimento de verificação eventualmente e sempre que iniciar alguma função.



Figura 5.11 – Indicação do *RESET* no painel de botões

2. Localização de varões:

- i. Mover a sonda paralelamente à superfície em análise, numa dada direção;
- ii. Observar os acessórios de localização: recobrimento atual, barra de fluxo e sinal sonoro;
- iii. A barra indicativa de fluxo vai movendo-se para a direita, de acordo com a proximidade da sonda ao varão;
- iv. No caso de duas camadas de varões, iniciar a localização pela primeira camada (perpendicular à superfície). Se os varões da primeira camada próximos demais, pode ser impossível a localização na segunda camada (paralela à superfície);
- v. Confirmar se o valor do sinal se mantém constante;
- vi. Sinalizar o varão localizado na superfície.

3. Determinar o recobrimento de varões:
  - i. Passar a sonda paralelamente pelo varão sinalizado;
  - ii. Verificar o menor valor de recobrimento atual, também indicado pelo valor de recobrimento médio;
  - iii. Confirmar se o recobrimento se mantém constante.
4. Detetar recobrimento insuficiente:
  - i. Configurações:
    - a. Inserir o diâmetro;
    - b. Inserir valor-limite de recobrimento;
    - c. Inserir o espaçamento entre barras, se for necessária.
  - ii. Com um valor-limite pré-selecionado, a sonda pode ser movimentada. Se o recobrimento for menor que o valor-limite, um alarme acústico soa.
5. Determinar o diâmetro de varões:
  - i. Para a determinação precisa do diâmetro de barra, é importante não haver influências despercebidas que possam adulterar o resultado;
  - ii. Selecionar um local na estrutura onde haja espaçamento suficiente entre os varões ou configurar as devidas correções (para espaçamento menor que 130 mm);
  - iii. Posicionar a sonda paralelamente sobre o varão e pressionar a tecla  $\uparrow$ , e é exibido o diâmetro na unidade configurada;
  - iv. Esta determinação apenas é válida para em sistemas com arame de amarração. No caso de malhas de reforço soldadas, os resultados exibidos são altos demais, e desta forma não utilizados.



Figura 5.12 – Indicação para obtenção do diâmetro no painel de botões

Para cada ensaio é aconselhável realizar diversos testes, pelo menos 2 ou 3 vezes em cada sentido (esquerda e direita), para que se verifique uma média de valores.

No caso de se verificar algum valor absurdo, fazer *RESET* e repetir o procedimento.

### 5.7.2 Scanning Bars

Esta é a função de mapeamento das armaduras, que permite ilustrar a disposição dos varões numa determinada área de medição.

1. Instalar o modelo SCANLOG e realizar os procedimentos iniciais;



Figura 5.13 – Plano da função *Scanning Bars*

2. Configurações necessárias:
  - i. Inserir a área de medição em *Basic Setups*, *Scan Area*, selecionando 0,5 x 0,5 m, 1 x 1 m ou 2 x 2 m;
  - ii. Inserir o diâmetro do varão da primeira camada;
  - iii. Inserir o número do objeto;
  - iv. Se for necessário correção, inserir o espaçamento entre barras em *Neighboring bar corrections*;
3. Selecionar a função *Scanning Bars* e pressionar a tecla *START*;
4. Localizar um varão da primeira camada (procedimento idêntico à localização de varões da função *Measure w. Statistics*) e marcar os limites da área de medição em função do varão localizado;
5. Medição:
  - i. Para iniciar a medição pressionar a tecla *END*;
  - ii. Indicar a direção da trajetória da primeira camada, pressionar a tecla ↓ ou →;
  - iii. Começar a *scanear* a primeira camada;
    - a. Atenção: Procurar colocar o centro da sonda entre varões perpendiculares e não sobre;

- b. Os varões *scaneados* são exibidos à medida que se faz a passagem;
- iv. Quando terminada a trajetória, pressionar a tecla ↑, ↓, ← ou →;
  - a. É indicado na zona inferior-centro do visor o menor recobrimento da camada *scaneada*;
- v. Indicar a direção da trajetória da segunda camada, pressionar a tecla ↓ ou →;
- vi. Começar a *scanear* a segunda camada;
- vii. Quando terminada a trajetória, pressionar a tecla ↑, ↓, ← ou →;
- viii. Para armazenar a processo realizado pressionar a tecla *PRINT/STORE*;
  - a. Caso seja necessário apagar o resultado antes de armazenar, pressionar a tecla *END* e repetir todo o processo.



Figura 5.14 – Indicação dos passos finais da função de mapeamento

### 5.7.3 Measure with Grid

Esta função permite exibir o recobrimento sobre uma grande área em escala de cinza.



Figura 5.15 – Plano da função *Measure with Grid*

1. Instalar o modelo *SCANLOG* e realizar os procedimentos iniciais;
2. Configurações necessárias:
  - i. Inserir o tamanho da área de medição em *Basic Setups, xy-grid*;
  - ii. Inserir o diâmetro do varão da primeira camada;

- iii. Inserir o número do objeto;
  - iv. Se for necessário correção, inserir o espaçamento entre barras em *Neighboring bar corrections*;
  - v. Estabelecer os possíveis recobrimentos que devem ser distribuídos na faixa de escala cinza em *Basic Setups, Display*, a fim de melhorar o contraste da apresentação;
3. Selecionar a função *Measure with Grid* e pressionar a tecla *START*;
    - i. São indicadas as coordenadas x e y (em metros ou pés);
    - ii. Uma página contém 16 x 15 valores medidos que são mostrados em escala de cinza e armazenados. A memória possui uma capacidade de armazenamento de 500 páginas;
    - iii. O número das páginas livres restantes é indicado na tela de medição;
  4. Pressionar a tecla *END*, e colocar o centro da sonda no canto superior esquerdo da área de medição;
    - i. Se a medição não puder ser iniciada no canto superior esquerdo ( $x$  e  $y = 0$ ), mover o cursor para a posição inicial desejada utilizando as teclas de flecha correspondentes;
  5. Movimentar a sonda móvel horizontalmente ao longo da trajetória;
    - i. O menor recobrimento medido é exibido e armazenado automaticamente como escala de cinza;
  6. Quando terminar uma fila, pressionar a tecla ↓;
    - i. O cursor desce e a direção da flecha muda automaticamente;
    - ii. Após cada mudança de direção da seta, é necessário pressionar *RESET*;
  7. Quando terminar a segunda fila da margem da área de medição, o cursor salta desce e a direção da flecha muda automaticamente;
    - i. Se algo impedir as medições, alterar o cursor pelo tamanho do obstáculo;
    - ii. Valores individuais podem ser apagados posicionando-se o cursor sobre o respectivo valor e pressionando-se a tecla *PRINT/STORE* por dois segundos;
  8. Pode-se, em seguida, expandir o objeto aberto por último na direção x e y sobre novas páginas incluindo 240 valores medidos;
    - i. Para todos os objetos antecedentes, os valores medidos somente podem ser inseridos em páginas que ainda não estejam cheias;
    - ii. Para reservar páginas que serão necessárias mais tarde, cada página tem de ser selecionada separadamente. Para confirmar a reserva, estabelecer um símbolo de escala em cinza na segunda fileira utilizando a tecla *PRINT/STORE*. O símbolo de escala de cinza pode ser sobrescrito ou deletado a qualquer instante (PROCEQ SA, 2012).

## 5.8 MEMÓRIA – «DATA OUTPUT»

Todos os números de objetos usados são listados e possíveis de ser novamente selecionados em *Object Select*.

Em *Object Display* é exibido a memória registada do objeto selecionado da lista.

A impressão da memória em *Object Print* é realizada através duma impressora diretamente conectada ao dispositivo indicador, mas é necessário que seja de interface paralela. Os tipos de impressoras possíveis de utilizar são as seguintes: *Hewlett Packard Deskjet* (HP) para impressão gráfica ou numérica; ou *EPSON* para impressão numérica e deve ser selecionada em *Printer Select* antes de se proceder à impressão.

Os objetos não podem ser apagados individualmente, só é possível apagar todo o conteúdo da memória. A ação *Clear Memory* não pode ser desfeita após ser confirmada (PROCEQ SA, 2012).

## 5.9 TRANSFERÊNCIA PARA PC – PROCEDIMENTO

Para transferir os dados para o PC (computador), é necessário utilizar o cabo de transferência Art. No 330 00 456 ou um adaptador RS232/USB adicional, Art. No 390 00 542.

1. Conectar os cabos ao equipamento e ao computador;
2. Ligar PRO-VISTA;
3. Fazer VISTA-TRANSFER;
4. Selecionar função *Object to PC* do equipamento em *Data Output*;
5. Selecionar a pasta de armazenamento em *BROWSE*;
6. Selecionar o número do ensaio;
7. Depois de guardado, fazer *CLOSE*;
8. Fazer *ABRIR* e selecionar a pasta e o documento do ensaio (PROCEQ SA, 2011).



Figura 5.16 – Logótipo *pro Vista*

## 5.10 MANUTENÇÃO DO EQUIPAMENTO

Após a utilização do equipamento de medição deve proceder-se a uma limpeza dos elementos utilizados. Limpar a sonda, o recetor e cabos com um pano limpo e seco após o uso, as tomadas de entrada e conectores com uma escova limpa e seca.

Para um bom desempenho do equipamento, deve verificar-se com frequência o estado dos cabos e o símbolo de duração da bateria, caso seja necessário fazer substituição desses elementos.

Guardar todos os elementos do equipamento na embalagem original e certificar-se que o ambiente se encontra limpo e livre de poeira.

Remover sempre as pilhas do equipamento quando terminar a utilização.

## 5.11 RELATÓRIO

No relatório de ensaio devem constar os seguintes elementos:

- a. Identificação da obra;
- b. Data, hora e localização do ensaio;
- c. Estado de conservação do suporte;
- d. Tipo de estrutura;
- e. Tipo de equipamento utilizado e data de última calibração;
- f. Medidas do recobrimento e localização das armaduras;
- g. Dados estatísticos: Média, Mediana e Desvio Padrão das leituras;
- h. Registo fotográfico (BS 1881-204, 1988).

## 5.12 FATORES QUE INFLUENCIAM OS RESULTADOS

Durante a realização do ensaio, existe algumas limitações que podem influenciar os resultados e precisão, pois afetam o campo magnético do equipamento de deteção e caracterização de armaduras em elementos de betão armado.

Uma elevada densidade de armadura, principalmente em caso de haver uma quantidade elevada de armaduras sobrepostas, mais do que um varão ou varões pouco espaçados, pode dar origem a resultados pouco fiáveis. Nestes casos, se possível, as correções de funções são fundamentais.

No caso de uso de arame metálico para amarração de armaduras, deve ter-se em atenção e considerar um intervalo livre de varões perpendiculares, ou seja longe dos cruzamentos (amarrações).

A variação de ferro no conteúdo do cimento, e o uso de agregados com propriedades magnéticas, pode causar redução dos resultados. Este caso, tem vindo a melhorar com a evolução dos equipamentos.

A presença de irregularidades superficiais, como por exemplo, marcas de cofragem que podem influenciar as leituras, deve ter-se algum cuidado na preparação do ensaio (Bungney, Millard & Grantham, 2006).

## **5.13 VALORES REFERÊNCIA**

### **5.13.1 Diâmetro de varões**

Do manual faz ainda parte um anexo com os valores ensaiados na determinação do diâmetro de varões, num modelo de placa (móvel), para a função *Measure with Statistics*, que se estão presentes no capítulo 4, ponto 4.2.1.4, deste mesmo documento.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório refere-se ao estágio curricular, desenvolvido em ambiente empresarial na SENQUAL – Sociedade de Engenharia e Qualidade Lda., em Valadares, Vila Nova de Gaia.

Durante o decorrer do estágio foram desenvolvidas várias atividades, nomeadamente a realização de ensaios de controlo de qualidade de materiais, o estudo de um equipamento de deteção de armaduras e desenvolvimento do seu manual de procedimentos e especificações técnicas.

Quanto aos ensaios realizados apresentaram-se os seguintes: ensaio de determinação da forma das partículas (índices de forma e achatamento), ensaio de determinação das resistências mecânicas dos cimentos (resistências à flexão e à compressão) e ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade, abordando os seus procedimentos, cuidados na realização e aprendizagem adquirida.

O estudo e análise do equipamento de deteção de armaduras, do qual foi explorado a sua metodologia, vantagens e limitações. Deste estudo fez parte um plano de ensaios, de modo a se compreender o funcionamento e capacidades do equipamento. Foram realizados ensaios de deteção de armaduras e determinação de diâmetros e recobrimentos em duas placas de betão armado produzidas em laboratório, sobre uma mesa de madeira e uma placa de betão com diferentes configurações de armaduras. Foi solicitada ainda a determinação dos diâmetros dos varões principais de um pilar pré-fabricado, para uma obra de ampliação das instalações da LABESFAL. Dos ensaios realizados foi feita a análise dos resultados no âmbito do estudo do equipamento.

Realizou-se o manual desenvolvido durante o decorrer do estágio, que diz respeito às recomendações e descreve os procedimentos de operação para o equipamento de deteção de armaduras. Este manual contém a explicação de como se deve fazer a preparação do ensaio, quais os procedimentos iniciais, configurações, procedimentos para cada função do equipamento e cuidados a ter, a forma de guardar e transferir os resultados, os fatores de influência e valores referência.

## 6.1 CONCLUSÕES

O período de estágio permitiu ao aluno um contacto com o mundo do profissional e situações reais de trabalho, alargando e aplicando os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico. O acompanhamento de ensaios durante o período de estágio, permitiu compreender a importância do controlo de qualidade dos materiais, face à indústria da construção civil. Conclui-se que o controlo dos materiais deve sempre ser realizado por empresas devidamente especializadas.

Durante a realização do ensaio de deteção de armaduras, existe algumas limitações que podem influenciar os resultados e precisão do equipamento. Começando com o cuidado no momento de preparação, pois a presença de irregularidades superficiais, como por exemplo, marcas de cofragem, pode influenciar as leituras. É muito importante a repetibilidade dos ensaios, de forma a confirmar os resultados obtidos, evitando que surjam erros devido ao momento de calibração.

O equipamento de deteção de armaduras possui um erro admissível de  $\pm 2$  mm. De acordo com a análise de resultados dos ensaios de deteção realizados pode concluir-se que se obteve piores resultados sempre que:

- ✓ Exista uma elevada densidade de armaduras;
- ✓ Os varões estejam mais próximos entre si e ainda se o diâmetro do varão sejam pequeno;
- ✓ O diâmetro do varão seja grande, como por exemplo: 32 mm e a distância entre os varões seja menor, nomeadamente 5 cm;
- ✓ Exista um varão de diâmetro pequeno, como 8 ou 10 mm, entre outros de diâmetro grande, de 32 ou 25 mm, e a distância entre os varões seja menor, nomeadamente 5 ou 10 cm;
- ✓ Estejam na presença de estribos, principalmente quando a análise é feita próxima do estribo ou para estribos que estejam mais próximos entre si;
- ✓ O diâmetro do estribo seja elevado, por exemplo 20 mm, e o do varão muito pequeno, 8 ou 10 mm;
- ✓ O diâmetro do estribo seja superior ou inferior ao diâmetro do varão;
- ✓ Não se utilize a opção de correção das barras vizinhas para afastamento entre varões inferior a 15 cm, exclusive.

Conclui-se também que é possível desenvolver um manual de procedimentos para este equipamento de deteção de armaduras.

## 6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo em conta a duração do estágio, não foi possível desenvolver alguns trabalhos que poderiam enriquecer este estudo. Deste modo, sugerem-se o desenvolvimento dos seguintes trabalhos futuros:

- ✓ O estudo pormenorizado das funções de mapeamento e escala de recobrimentos, de forma a garantir a fiabilidade integral do equipamento de deteção de armaduras;
- ✓ A aplicação da metodologia desenvolvida e testes realizados no âmbito da deteção de armaduras em diferentes modelos do equipamento, de forma a desenvolver um estudo universal;
- ✓ A realização do ensaio de deteção de armaduras em obra, aplicando o conhecimento adquirido em modelos reais.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARÊDE, António; COSTA, Aníbal - Inspeção e Diagnóstico Estrutural de Construções Históricas. Algumas contribuições da FEUP. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002. Artigo Académico.

[BELLES, Roberto] – Ensaio Destrutivos e Não Destrutivos. 1ª ed. [S.l.: s.n], 2010. [Consult. 25 Set. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<https://pt.scribd.com/doc/46079912/Ensaio-Destrutivos-e-Nao-Destrutivos>>.

BESSA, Carla – Caracterização Mecânica dos Maciços Através de Ensaio “in Situ”. Covilhã: Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura da Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior, 2009. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.

BS 1881-204. 1988 > Testing concrete – Part 204: Recommendations on the use of electromagnetic covermeters. London: BSI (British Standards Institution).

BUNGEY, John; MILLARD, Stephen; GRANTHAM, Michael - Testing of Concrete in Structures. 4ª ed. Londres: Taylor & Francis Group, 2006. 339 p. ISBN 9780415263016.

[CARMO, Katia] – Ensaio Destrutivos. 1ª ed. [S.l.: s.n], 2015. [Consult. 25 Maio 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://docslide.com.br/documents/ensaio-destrutivos.html>>.

CORREIA, Sérgio - Catálogo de técnicas de diagnóstico em elementos estruturais de edifícios correntes em betão armado. Lisboa: Técnico de Lisboa, 2014. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.

COUTINHO, Joana – Agregados para Argamassas e Betões. [S.l.: s.n], 1999. 84 p. Sem indicação qual o tipo de documento.

E392. 1993 > Betões - Determinação da permeabilidade ao oxigénio. Lisboa: LNEC. 4 p.

E393. 1993 > Betões - Determinação da absorção de água por capilaridade. Lisboa: LNEC. 2 p.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FLORES-COLEN, Inês; DE BRITO, Jorge; DE FREITAS, Vasco - Ensaio in-situ e em laboratório para caracterização do desempenho em serviço de rebocos pré-doseados aplicados em fachadas de edifícios correntes. 1ª ed. Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2010. 9 p.

FORMTEST – Determination of Particle Shape - Shape Index acc. to EN 933-4 [Imagem em site]. 1ª ed. [S.l.: s.n], [cop. 2016]. [Consult. 27 Jul. 2016]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.formtest.de/de-wAssets/img/produkte/laborgeraete/gesteinspruefung/kornform-kennzahl-en-933-4.jpg>>.

MEDINA, Anaine – Ensaio em pontes. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2013. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Estruturas.

NP EN 197-1. 2012 > Cimento - Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes. Lisboa: IPQ.

NP EN 933-3. 2002 > Determinação da forma das partículas, Índice de achatamento. Lisboa: IPQ.

NP EN 933-4. 2002 > Determinação da forma das partículas, Índice de forma. Lisboa: IPQ.

PROCEQ SA – PROFOMETER 5+ Modelo S / SCANLOG Sistema de Detecção de Barra de reforço: Instruções operacionais. 5ª ed. Schwerzenbach: Proceq SA, 2012. 25 p.

PROCEQ SA – Manual – ProVista and VistaTransfer Version 2.3.0 for Windows for PROFOMETER 4, 5 and 5+ as well as for DIGI-SCHMIDT 2000. Schwerzenbach: Proceq SA, [2011].

RYALL, M.J. – Bridge Management. 1ª ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. 449 p. ISBN 0-7506-5077-X.

SABER ELÉTRICA – Corrente de Foucault: Tudo o que você precisa de saber sobre [Em linha]. 1ª ed. [S.l.: s.n], 2015. [Consult. 14 Jun. 2016]. Disponível em WWW: <URL:<http://www.sabereletrica.com.br/corrente-de-foucault>>.

SENQUAL – [Em linha]. 1ª ed. Espinho: SENQUAL, [2016]. [Consult. 20 Ago. 2016]. Disponível em WWW: <URL:<http://senqual.pt/pt>>

TAMICES – TAMICES DE BARRA HAVER SEGUN DIN EN 933-3 / DIN EN 1097-8 – con barras cilíndricas paralelas [Imagem em site]. 1ª ed. [S.l.: s.n], [cop. 2009]. [Consult. 15 Jul. 2016]. Disponível na WWW: <<http://www.tamices.cl/imagenes/tamices-de-barra.jpg>>

## **ANEXO I – AGREGADOS E INERTES – LISTA DE ENSAIOS DA SENQUAL**



<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Análise granulométrica	LNEC E 233
Ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles	LNEC E 237
Determinação do índice de lamelação	B.S. 812 Part 105.1
Determinação do índice de alongamento	B.S. 812 Part 105.2
Análise granulométrica de fíler	LNEC E 234
Determinação do índice volumétrico	LNEC E 223
Determinação da quantidade de material que passa no peneiro de 0,074 mm	LNEC E 235
Determinação do teor em partículas moles	LNEC E 222
Determinação da baridade	NP 955
Métodos de amostragem	NP EN 932-1
Determinação das massas volúmicas e da absorção de águas de britas e godos	NP 581
Análise granulométrica - Método de peneiração	EN 933-1
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 da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos	NP EN 933-5
Determinação do teor de conchas - Percentagem de conchas nos agregados grossos	NP EN 933-7

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Determinação do teor de finos - Ensaio do equivalente de areia	EN 933-8
Análise dos finos - Ensaio do azul metileno	EN 933-9 AFNOR P 18-592
Determinação da baridade e do volume de vazios	NP EN 1097-3
Determinação do teor de água por secagem em estufa ventilada	NP EN 1097-5
Determinação da massa volúmica e da absorção de água	NP EN 1097-6
Determinação da massa volúmica do fíler - Método do picnómetro	NP EN 1097-7
Coeficiente de forma	AFNOR P18-622-4
Reactividade dos álcalis dos agregados	ASTM C1260
Determinação da resistência ao desgaste (Micro-Deval)	NP EN 1097-1
Determinação dos teores em água total e em água superficial	NP 956
Determinação do teor em água superficial de areias	NP 957
Determinação da resistência ao esmagamento	NP 1039
Determinação do teor em partículas muito finas e matérias solúveis	NP 86
Pesquisa da matéria orgânica pelo processo do ácido tânico	NP 85
Determinação do teor de partículas friáveis	NP 1380
Determinação do teor em partículas leves	NP 953
Determinação da reactividade com sulfatos em presença de hidróxido de cálcio	LNEC E 251

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Determinação da resistência à fragmentação (Los Angeles)	NP EN 1097-2
Determinação da baridade seca máxima - Ensaio de compactação Proctor	EN 13286-2
Correcção do ensaio de compactação	PIE.002.1
Controlo de compactação com gamadensímetro	ASTM D 6938
Classificação dos componentes dos agregados grossos reciclados	NP EN 933-11
Determinação de sais de cloreto solúveis em água utilizando o método de Volhard	EN 1744-1:Parte 7
Determinação potenciométrica de sais de cloreto solúveis em água (método alternativo)	EN 1744-1:Parte 8
Determinação de sais de cloreto solúveis em água por aplicação do método de Mohr (método alternativo)	EN 1744-1:Parte 9
Determinação dos sulfatos solúveis em água	EN 1744-1:Parte 10
Determinação do teor total de enxofre	EN 1744-1:Parte 11
Determinação de sulfatos solúveis em ácido	EN 1744-1:Parte 12
Determinação dos sulfuretos solúveis em ácido	EN 1744-1:Parte 13
Análise relativa à presença de partículas de sulfureto de ferro reativas	EN 1744-1:Parte 14.1
Determinação dos contaminadores leves	EN 1744-1:Parte 14.2
Determinação do teor em húmus	EN 1744-1:Parte 15.1
Determinação do teor de ácido fulvo	EN 1744-1:Parte 15.2
Determinação da solubilidade na água	EN 1744-1:Parte 16
Determinação da perda por ignição	EN 1744-1:Parte 17

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Determinação de cal livre por complexometria (método de referência)	EN 1744-1:Parte 18.2
Determinação de cal livre por condutometria (método alternativo)	EN 1744-1:Parte 18.3
Determinação de cal livre por acidimetria (método alternativo)	EN 1744-1:Parte 18.4
Determinação da desintegração do silicato dicálcico de escórias de alto forno arrefecido ao ar	EN 1744-1:Parte 19.1
Determinação da desintegração do ferro de escórias de alto forno arrefecidas ao ar	EN 1744-1:Parte 19.2
Determinação da expansão da escória de aço	EN 1744-1:Parte 19.3
Determinação de sais de cloreto solúveis em ácido	NP EN 1744-5
Determinação do teor de álcalis solúveis. Processo por espectrofotometria de chama.	NP 1382
Ensaio de compactação de material granular estabilizado com ligantes hidráulicos (Método do Vibro-Compactador)	BS 1924-2: Section 2.1.5
Determinação dos vazios do fíler seco compactado	NP EN 1097-4
Ensaio do sulfato de magnésio	NP EN 1367-2
Ensaio de ebulição para basaltos “Sonnenbrand”	NP EN 1367-3
Determinação da resistência ao choque térmico	EN 1367-5
Preparação de eluatos por lexiviação dos agregados	NP EN 1744-3
Determinação da influência do extracto de agregados reciclados no tempo de início de presa do cimento	NP EN 1744-6
Determinação da retração por secagem	NP EN 1367-4

## **ANEXO II – PEDRAS NATURAIS – LISTA DE ENSAIOS DA SENQUAL**



<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Determinação da massa volúmica aparente e da porosidade aberta em pedras naturais	NP EN 1936
Point Load Test	ASTM D 5731
Determinação da resistência à compressão uniaxial	NP EN 1926
Slake Test	ASTM D 4644
Ensaio de carga pontual (EN 1926 – Anexo B)	PIE.009.1
Determinação da tensão de rotura por compressão	NP 1040
Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear	NP EN 14581: Método A



## **ANEXO III – ENROCAMENTO – LISTA DE ENSAIOS DA SENQUAL**



<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Análise granulométrica	EN 13383-2: Section 5
Determinação da densidade das partículas e da absorção de água	EN 13383-2: Section 8
Determinação da massa volúmica e porosidade	Procedimento LNEC
Determinação da resistência à compressão uniaxial	Procedimento LNEC
Slake Durability Test	Procedimento LNEC
Determinação da expansibilidade	Procedimento LNEC
Determinação da resistência ao esmagamento	Procedimento LNEC
Determinação do Índice de vazios (Macro-ensaio)	Procedimento LNEC



## **ANEXO IV – CIMENTOS E ADIÇÕES – LISTA DE ENSAIOS DA SENQUAL**



<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Cimentos. Determinação da finura.	NP EN 196-6
Cimentos. Determinação das resistências mecânicas.	NP EN 196-1
Cimentos. Determinação do calor de hidratação.	LNEC E 68
Cimentos. Ensaio de expansibilidade – Processo de Le Chatelier.	LNEC E 330
Cimentos. Determinação do tempo de presa e expansibilidade.	NP EN 196-3
Cimentos. Determinação da massa volúmica.	LNEC E 64
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 do resíduo insolúvel em ácido clorídrico e carbonato de sódio.	NP EN 196-2:Secção 4.4.3
Cimentos. Determinação do resíduo insolúvel em ácido clorídrico e hidróxido de potássio.	NP EN 196-2:Secção 4.4.4
Cimentos. Determinação do sulfureto.	NP EN 196-2:Secção 4.4.5
Cimentos. Determinação do manganês por fotometria.	NP EN 196-2:Secção 4.4.6
Cimentos. Desagregação pelo peróxido de sódio.	NP EN 196-2:Secção 4.5.2
Cimentos. Insolubilização e determinação da sílica – Método por dupla insolubilização (método de referência)	NP EN 196-2:Secção 4.5.3
Cimentos. Decomposição por ácido clorídrico e cloreto de amónio e precipitação da sílica (método alternativo)	NP EN 196-2:Secção 4.5.5
Cimentos. Determinação da sílica pura.	NP EN 196-2:Secção 4.5.6
Cimentos. Desagregação do resíduo de evaporação.	NP EN 196-2:Secção 4.5.7
Cimentos. Determinação da sílica solúvel.	NP EN 196-2:Secção 4.5.8
Cimentos. Determinação da sílica total.	NP EN 196-2:Secção 4.5.9

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Cimentos. Determinação do óxido de ferro (III).	NP EN 196-2:Secção 4.5.10
Cimentos. Determinação do óxido de alumínio.	NP EN 196-2:Secção 4.5.11
Cimentos. Determinação do óxido de cálcio pelo EGTA (método de referência)	NP EN 196-2:Secção 4.5.12
Cimentos. Determinação do óxido de magnésio pelo DCTA (método de referência)	NP EN 196-2:Secção 4.5.13
Cimentos. Determinação dos cloretos	NP EN 196-2:Secção 4.5.16
Cimentos. Determinação do teor de dióxido de carbono (método de referência)	NP EN 196-2:Secção 4.5.17
Cimentos. Determinação do teor de álcalis (método de referência)	NP EN 196-2:Secção 4.5.19
Ensaio de pozolanicidade dos cimentos pozolânicos	NP EN 196-5
Cimentos. Calor de hidratação. Método da dissolução.	NP EN 196-8
Pastas de cimento. Determinação da retracção autogénea.	LNEC E 476
Cinzas. Determinação da finura.	NP EN 451-2
Cinzas. Determinação da massa volúmica.	LNEC E 64
Cinzas. Determinação do índice de actividade.	NP EN 450-1 (NP EN 196-1)
Cinzas. Determinação do tempo de presa e expansibilidade.	NP EN 450-1 (NP EN 196-3)
Cinzas. Determinação do teor de óxido de cálcio livre.	NP EN 451-1
Fíler calcário para betões. Determinação do valor do azul de metileno.	LNEC E 385
Fíler calcário para betões. Determinação do teor de carbono orgânico total (TOC).	LNEC E 386

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
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



## **ANEXO V – BETÕES – LISTA DE ENSAIOS DA SENQUAL**



<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Ensaio de compressão	LNEC E 226
Ensaio de abaixamento	NP 87 NP EN 12350-2
Determinação da massa volúmica do betão fresco	NP 1384 NP EN 12350-6
Determinação da composição do betão fresco	NP 1385
Determinação dos tempos de presa	NP 1387
Determinação do teor em ar do betão fresco	ISO 4848
Ensaio de compacidade	ISO 4111
Ensaio de espalhamento	NP 414
Resistência de betões hidráulicos à tracção por compressão diametral em provetes fabricados em laboratório (Ensaio Brasileiro) aos i dias	ASTM C 496
Resistência à penetração da água	ISO 7031
Ensaio à compressão. Tratamento estatístico de resultados	NP EN 206-1
Resistência à compressão	NP EN 12390-3
Resistência de betões hidráulicos à tracção, por flexão, aos i dias	LNEC E 227 LNEC E 255
Dosagem de fibras no betão reforçado com fibras	NP EN 14488-7
Determinação da massa volúmica, da absorção e porosidade	ASTM C 642
Ensaio de arrancamento	NP EN 12504-3
Resistência à tracção por compressão	NP EN 12390-6
Determinação da absorção de água por imersão. Ensaio à pressão atmosférica	LNEC E 394

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Determinação do teor de ar. Métodos pressiométricos.	NP EN 12350-7
Determinação do teor em cloretos no betão	PIE.029.1
Determinação do teor em álcalis no betão	PIE.030.1
Resistividade dos betões	PIE.031.1
Profundidade de carbonatação do betão	PIE.032.1
Determinação do módulo de elasticidade	DIN 1048-5
Determinação da retração e expansão de betões	LNEC E 398
Determinação da resistência à penetração de cloretos. Ensaio de imersão.	LNEC E 390
Determinação do coeficiente de difusão dos cloretos por ensaio de migração em regime não estacionário.	LNEC E 463
Determinação da absorção de água por capilaridade.	LNEC E 393
Profundidade da penetração da água sob pressão	NP EN 12390-8
Determinação da capacidade de absorção de s de provetes de lajes reforçadas com fibras	NP EN 14488-5
Determinação da velocidade de propagação dos ultra-sons	NP EN 12504-4
Detecção de armaduras	BS 1881:Part 204
Determinação do índice esclerométrico	NP EN 12504-2
Ensaio Vêbê	NP EN 12350-3
Grua de compactabilidade	NP EN 12350-4
Ensaio da mesa de espalhamento	NP EN 12350-5
Determinação da absorção de água por imersão. Ensaio no vácuo.	LNEC E 395
Betão autocompactável. Ensaio de espalhamento.	NP EN 12350-8
Resistência à flexão de provetes.	NP EN 12390-5

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Betão autocompactável. Ensaio de escoamento na caixa L.	NP EN 12350-10
Betão autocompactável. Ensaio de segregação no peneiro.	NP EN 12350-11
Betão autocompactável. Ensaio de espalhamento no anel J	NP EN 12350-12
Execução e cura de provetes para ensaios de resistência mecânica	NP EN 12390-2
Massa volúmica do betão endurecido	NP EN 12390-7
Carotes. Extracção, exame e ensaio à compressão.	NP EN 12504-1
Resistência à compressão do betão projectado jovem	NP EN 14488-2
Resistência à flexão (máxima, última e residual) de vigas reforçadas com fibras	NP EN 14488-3
Resistência de aderência em carotes à tracção simples	NP EN 14488-4
Espessura de betão sobre um substrato	NP EN 14488-6
Determinação da permeabilidade ao oxigénio	LNEC E 392
Determinação do módulo de elasticidade em compressão	LNEC E 397



**ANEXO VI – ARGAMASSAS E CALDAS DE INJECCÃO – LISTA DE ENSAIOS  
DA SENQUAL**



<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Determinação da consistência da argamassa fresca	EN 1015-2
Resistências mecânicas	NP EN 196-1
Determinação da água de amassadura para espalhamento normalizado	PIE.017.1
Ensaio de fluidez, exsudação e variação de volume	NP EN 445: Section 4.3 + 4.4
Ensaio de resistência à compressão	NP EN 445: Section 4.6
Ensaio da massa volúmica	NP EN 445: Section 4.7



**ANEXO VII – MATERIAIS BETUMINOSOS – LISTA DE ENSAIOS DA SEN-  
QUAL**



<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Determinação da afinidade agregado-betume	EN 12697-11
Determinação da baridade dos provetes	EN 12697-6
Determinação da baridade máxima teórica	EN 12697-5
Análise granulométrica	EN 12697-2
Ensaio Marshall	EN 12697-34
Determinação da espessura das camadas	EN 12697-36
Cálculo da porosidade dos provetes	EN 12697-8
Determinação da resistência conservada	MIL-STD-620A: Method 104
Determinação da densidade aparente	LNEC E 267
Determinação do teor em betume e do teor em água com o extractor de Kumagawa	LNEC E 268
Determinação do teor em betume e determinação do inerte total de uma mistura com o extractor de refluxo	EN 12697-1
Determinação da densidade com o picnómetro	LNEC E 35
Optimização do teor em betume (Método de Marshall)	JA E P. 14
Ensaio de adesividade	JA E P. 9
Determinação da baridade máxima teórica pelo método do picnómetro de vácuo	ASTM D 2041
Medição da profundidade da macrotextura da superfície do pavimento através da técnica volumétrica da mancha.	NP EN 13036-1
Determinação da baridade de misturas compactadas	ASTM D 2726
Efeito da água sobre a coesão de misturas betuminosas abertas mediante o ensaio Cântabro de perda por desgaste	NLT 362

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Permeabilidade (misturas betuminosas porosas) "in situ" medida com LCS	NLT 327
Medição da irregularidade das camadas do pavimento: ensaio com régua	EN 13036-7
Determinação da baridade	JAE P.13

## **ANEXO VIII – SOLOS – LISTA DE ENSAIOS DA SENQUAL**



<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Determinação da resistividade de solos pelo método de Wenner	ASTM G57
Análise granulométrica	LNEC E 196
Análise granulométrica por peneiração húmida	LNEC E 239
Ensaio de compactação	LNEC E 197
Determinação do CBR	LNEC E 198
Correcção do CBR	---
Determinação da densidade das partículas	NP 83
Determinação do teor em água	NP 84
Determinação do teor em água	NP EN ISO 17892-1
Ensaio de equivalente de areia	LNEC E 199
Ensaio de expansibilidade	LNEC E 200
Determinação da baridade seca « in situ » pelo método da garrafa de areia	LNEC E 204
Determinação da permeabilidade - carga constante	PIE.005.1
Determinação da permeabilidade - carga variável	PIE.004.1
Ensaio de carga em placa	NF P 94-117-1 ASTM D 1194 ENV 1997-3 DIN 18134
Teor em matéria orgânica	LNEC E 201 JAE S.9 NLT 117
Ensaio CBR imediato (CBR sem embebição e sem sobre-carga)	NF P 94-078

<b>Ensaio</b>	<b>Norma</b>
Ensaio PDL (Penetrómetro Dinâmico Ligeiro)	PIE.001.1
Controlo de compactação com gamadensímetro	ASTM D 6938
Ensaio de corte directo	BS 1377:Part 1
Ensaio edométrico	PIE.033.1
Ensaio triaxiais	PIE.034.1
Compactação com martelo vibrador	BS 1924-2: Section 2.1.5
Determinação dos limites de consistência	NP 143
Classificação unificada	Reg. Pequenas Barragens de Terra – Decreto 48373 de 08/05/1968
Classificação para fins rodoviários	LNEC E 240
Determinação do valor de azul de metileno	AFNOR P 18-592
Determinação da matéria orgânica. Método de redução da água oxigenada.	PIE.003.1
Determinação do teor em cloretos. Método potenciométrico.	PIE.010.1
Determinação do pH	LNEC E 203
Determinação da quantidade de sulfatos de um solo	LNEC E 202
Determinação da resistividade com sonda de Wenner	PIE.011.1
Determinação da resistividade com sonda de condutividade	PIE.012.1
Coeficiente de fragmentabilidade dos materiais rochosos	NF P 94-066
Coeficiente de degradabilidade dos materiais rochosos	NF P 94-067
Determinação da baridade seca “in situ”. Macro-ensaio.	PIE.008.1
Análise granulométrica. Macro-ensaio.	PIE.027.1

**ANEXO IX – RELATÓRIO DO ENSAIO DE MAPEAMENTO NUMA PLACA DE  
BETÃO ARMADO PRODUZIDA EM LABORATÓRIO – *PROVISTA***



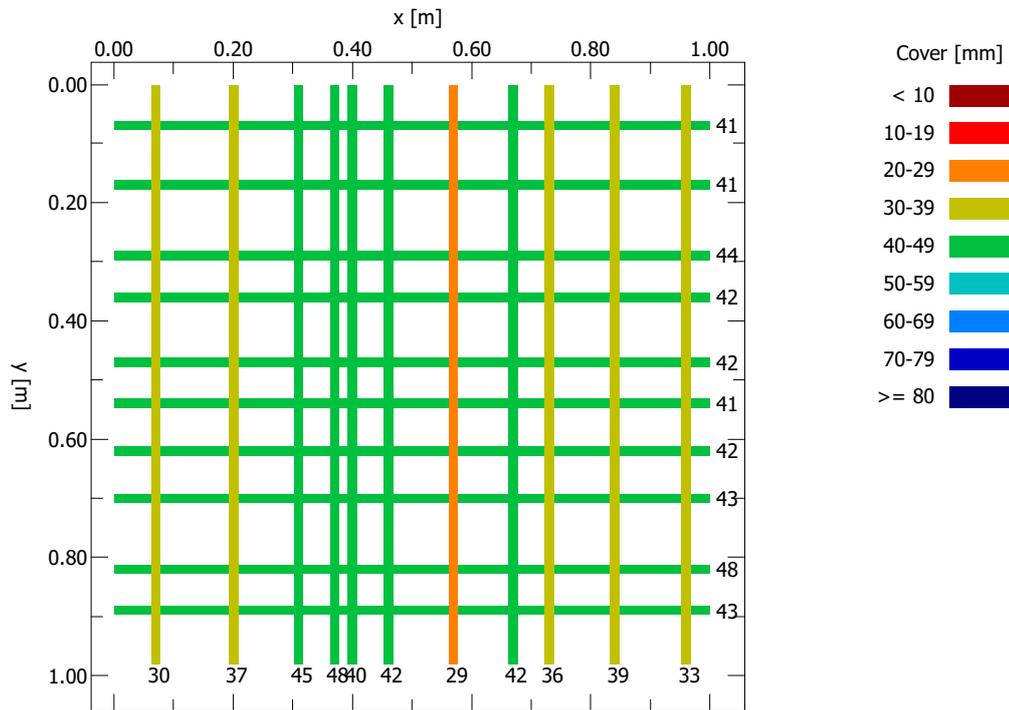
Title: 200000

Date: 11-Jul-2016

Name: Ana Seabra

1/1

Remarks: Placa produzida pela SENQUAL para testes do ensaio



**Set parameters**

Bar diameter D = 16 mm  
 X grid width dX = 10 mm  
 Y grid width dY = 10 mm

**Statistic**

Number of measured bars	N =	11	10
Average measured cover	m =	38.3	42.7 mm
Standard deviation	sa =	6.0	2.1 mm
Maximum of measured covers	Max =	48	48 mm
Minimum of measured covers	Min =	29	41 mm
Span	R =	19	7 mm

**Measured covers**

x [m]	Cover [mm]	y [m]	Cover [mm]
0.07	30	0.07	41
0.20	37	0.17	41
0.31	45	0.29	44
0.37	48	0.36	42
0.40	40	0.47	42
0.46	42	0.54	41
0.57	29	0.62	42
0.67	42	0.70	43
0.73	36	0.82	48
0.84	39	0.89	43
0.96	33		

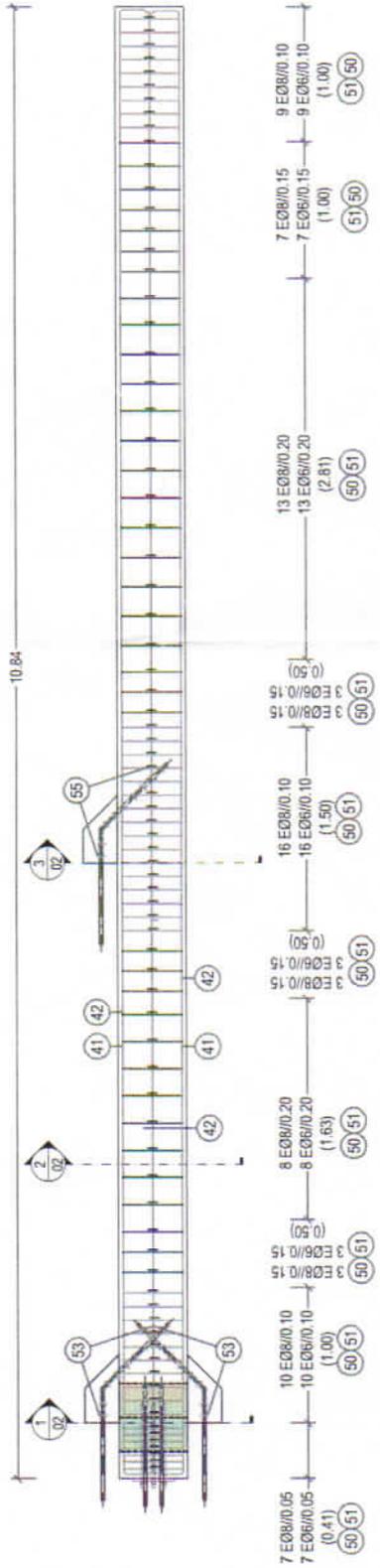


## **ANEXO X – DESENHO DAS ARMADURAS DO PILAR PRÉ-FABRICADO ESTU- DADO**

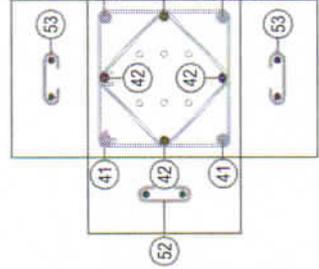


Des. nº:	P3.30CT_Chapa_0012-16-EF-DP-00-01a	Folha	02/02	OBSERVAÇÕES	Peça Tipo	Peso peça:	7.51Ton
Cliente:	SANJOSE CONSTRUTORA S.A.	Data:	21/03/2016	Este pilar tem duas chapas para ligação à Rede de Terras e uns varões roscados no topo do pilar	Rel <sup>®</sup>	Volume peça:	3.00m3
Desig. Obra:	Labestal	Des:	IM		DESIGNAÇÃO	Quantidade	1
Valid.:		Proj:	JR	DESIGNAÇÃO	P3.30CT		
		REV.	DATA	DESIGNAÇÃO	Armadura		
		a	24/03/2015	Correção da designação dos cachorros em planta			
		Proj.	Des:				
		JR	JR				
			IM				

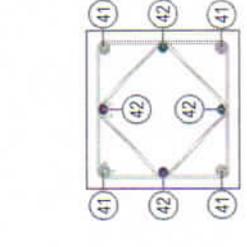
**Alçado A - Pilar (P3.30CT)**



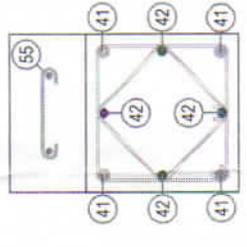
**Corte 1-1**



**Corte 2-2**

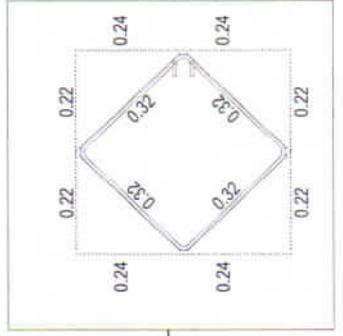


**Corte 3-3**



Nº	Designação	Und	Diam	Comp	Dimensões
41	Barra	4	Ø25	11.25	0.24 x 10.77
42	Barra	4	Ø20	11.25	0.24 x 10.77

Nº	Designação	Und	Diam	Comp	Dimensões
50	Estribo	79	Ø8	1.90	0.43 x 0.45
51	Estribo	79	Ø6	1.42	0.22 x 0.27
52	Estribo	9	Ø6	0.37	0.05 x 0.17
53	Estribo	18	Ø6	0.37	0.05 x 0.17
55	Estribo	9	Ø6	0.50	0.05 x 0.30



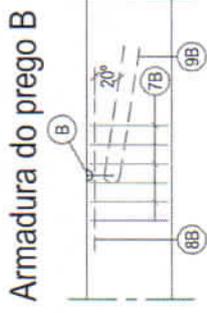
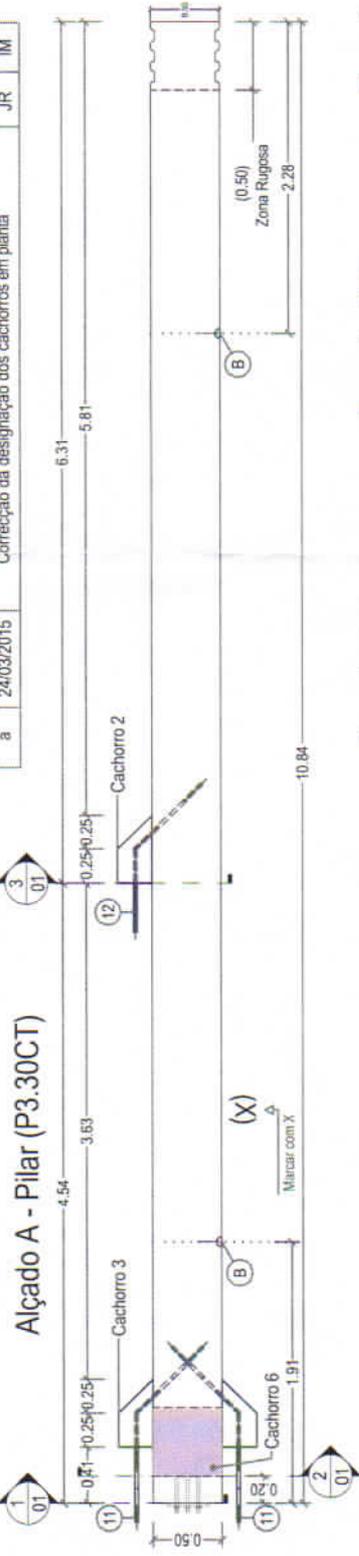
Pilar	
MATERIAIS	BETÃO C30/37 (B35)
	AÇO A 500NR
REC.	3.5 cm



Das nº:	P3.30CT_Chapa_0012-16-EP-DP-00-01a	Folha	01/02
Cliente:	SANJOSE CONSTRUTORA S.A.	Data:	21/03/2016
Desig. Obra:	Labestral	Des:	IM
Valid.:	Proj:	JR	IM

OBSERVAÇÕES			
Este pilar tem duas chapas para ligação a Rede de Terras e uns varões roscaados no topo do pilar			
DESIGNAÇÃO	DESIGNAÇÃO	Proj:	Des:
<b>Pilar</b>	Correção da designação dos cachorros em planta	JR	JR
Geometria		IM	IM

Peça Tipo	Peso peça:	7.51Ton
<b>P3.30CT</b>	Voluma peça:	3.00m3
Ref <sup>m</sup>	Quantidade	1
	Unidades	



Secção 1-1

Secção 2-2

Secção 3-3

Pilar	
MATERIAIS	BETÃO C30/37 ( B35 )
REC.	AÇO A 500NR
	3.5 cm

Nº	Designação	Und	Informação	Comp	Dimensões
B	Prego	4	7.5 ton	---	
7B	Barras Reforço	---	Ø10/0.125	1.90	0.43 0.45
8B	Barras Reforço	8	Ø16	2.40	2.40
9B	Barras Reforço	4	Ø20	1.50	0.68 0.68
10	Barras	2	Ø20	1.50	0.23 0.40 0.87
11	Barras	4	Ø20	1.50	0.23 0.55 0.72
12	Barras	2	Ø20	1.50	0.23 0.60 0.67

Pormenor do Topo

Cota Altimétrica -0.20

Cachorro 6

Cota Altimétrica -0.41

Cachorro 3

Cota Altimétrica -4.54

