



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**Estudo da influência da presença de armaduras na
resistência à compressão de carotes de betão**

Rui Manuel Charneca Germano Condeço

Orientador: Professor Doutor António Carlos Bettencourt
Simões Ribeiro

Mestrado em Engenharia Civil

Área de especialização: Construção

Dissertação

Évora, 2014

RESUMO

Este estudo compreendeu o fabrico de pequenas lajes de betão incluindo armaduras de diferente diâmetro colocadas a distintas distâncias da superfície, de forma a verificar a adequação do método proposto pela Concrete Society e usado na BS EN 12504-1:2009 para correção da resistência de carotes contendo armaduras.

Foram retiradas carotes das lajes, fabricadas com betão de classes de resistências distintas, nas diferentes condições de incorporação de armaduras. Os ensaios realizados sobre essas carotes forneceram os resultados necessários à comparação com o modelo proposto pela Concrete Society.

A comparação, apesar das limitações inerentes ao programa experimental desenvolvido, mostrou que a correção proposta pela instituição inglesa não permitiu estimar corretamente a resistência do betão, e que a sua aplicação pode não estar do lado da segurança em processos de avaliação da resistência característica do betão em obra.

Palavras-Chave: Carotes, lajes, betão, armaduras

ABSTRACT

Study on the influence of armour in the presence of resistance of concrete compression cores

This study involved the manufacture of small slabs of concrete including reinforcement of different diameters placed at different distances from the surface, in order to verify the adequacy of the proposed method by the Concrete Society and used in BS EN 12504-1: 2009 for correction of resistance cores containing armor.

Cores of the slabs, concrete made with different classes of resistance in different conditions to incorporate armor will be removed. The tests performed on these cores provide the necessary results to compare with the model proposed by the Concrete Society.

The comparison, despite the limitations inherent in the experimental program developed, showed that the proposal by the British institution correction allowed not correctly estimate the strength of concrete, and that its application can't be on the side of safety assessment processes characteristic strength of concrete at work.

Keywords: cores, slabs, concrete, armor

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor António Carlos Bettencourt Simões Ribeiro, pelo facto de ter aceitado ser meu orientador científico, pelo tema proposto, mas também pela sua dedicação e rigor que prestou a este trabalho.

À Professora Maria Teresa Pinheiro Alves, pela disponibilidade prestada e empenho que ofereceu.

Aos meus colegas pela ajuda prestada, nomeadamente ao António Carrasqueira, à Cintia Freitas à Marina Martins e a todos que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Aos técnicos do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, pela excelente colaboração na realização dos ensaios.

Às empresas, Unibetão e Britobetão, por cederem os materiais necessários à realização da campanha experimental.

Ao meu filho, Manuel António pela extraordinária ajuda prestada na elaboração dos moldes, na confeção do betão, betonagem e carotagem.

À minha família, a eles, dedico todo este trabalho.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
AGRADECIMENTOS	iv
ÍNDICE GERAL	v
ÍNDICE FIGURAS	viii
ÍNDICE QUADROS	x
1-INTRODUÇÃO	1
1.1-Considerações iniciais	1
1.2-Objectivo da dissertação.....	2
1.3-Organização da dissertação	2
2-ANTECEDENTES (ESTADO DA ARTE)	3
2.1-Introdução.....	3
2.2-Resistência à compressão e fatores que a influenciam.....	4
2.3- A influência da forma e dimensões dos provetes	4
2.3.1-Teor em água.....	5
2.3.2-Porosidade	5
2.3.3-Efeito da extração	6
2.3.4-Efeito da direção do corte.....	6
2.3.5-Efeito do diâmetro/altura	7
2.3.6-Efeito da armadura.....	8
2.4-Avaliação da resistência á compressão “in situ”	10
2.4.1 –Abordagem A	11
2.4.2-Abordagem B	12

3-CAMPANHA EXPERIMENTAL	14
3.1-Introdução.....	14
3.2-Fases da campanha experimental	14
3.3-Definição do plano experimental.....	14
3.4- Betão	19
3.4.1-Betão de referência	19
3.4.2-Materiais constituintes do betão	20
3.4.2.1-Cimento.....	20
3.4.2.2-Agregados.....	20
3.4.2.3-Água.....	27
3.4.2.4-Ajuvante	27
3.4.3-Composição do betão	28
3.5-Armaduras.....	30
3.6 -Moldes.....	30
3.7-Produção de betão	32
3.8-Ensaio ao betão no estado fresco.....	33
3.8.1-Ensaio de abaixamento.....	33
3.9-Betonagem de lajetas e execução de provetes.....	35
3.10-Cura de provetes e lajetas	37
3.11-Extracção de carotes	40
3.12-Ensaio no betão em estado endurecido	47
3.12.1-Ensaio de resistência a compressão	47
4-APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	53
4.1-Introdução.....	53
4.2-Ensaio ao betão no estado fresco.....	54
4.2.1-Ensaio de abaixamento.....	54
4.3-Ensaio ao betão no estado endurecido	55

4.3.1-Ensaio de resistência a compressão	55
4.3.1.1-Ensaio de resistência à compressão de provetes de controlo	55
4.3.1.2-Ensaio de resistência à compressão, em carotes sem armadura -1ª fase	62
4.3.1.3-Ensaio de resistência à compressão, em carotes com armadura-1ªfase	63
4.3.1.4-Ensaio de resistência à compressão, em carotes sem armadura, com $h=d$ – 2ª fase	67
4.4-Resultados.....	69
4.4.1.-Carotes com $h=d$ e $h \neq d$, sem armaduras.....	69
4.4.2- Provetes de controlo	71
4.4.3-Carotes com armaduras incorporadas.....	72
4.5-Análise de resultados	79
5-CONCLUSÕES	87
5.1-Conclusões gerais	87
5.2-Proposta de desenvolvimento futuro.....	88
BIBLIOGRAFIA	88
ANEXOS	91

INDICE FIGURAS

Figura 3.1 – Areia fina	21
Figura 3.2- Análise granulométrica da areia fina.....	22
Figura 3.3 – Areia Grossa	23
Figura 3.4- Análise granulométrica da areia grossa.....	24
Figura 3.5 – Brita 1	25
Figura 3.6- Análise granulométrica da brita 1	25
Figura 3.7 – Brita 2.....	26
Figura 3.8- Análise granulométrica da brita 2	27
Figura 3.9 – Pozzolithe 540.....	28
Figura 3.10- Curva granulométrica de Faury	30
Figura 3.11 – Moldes de lajetas.....	31
Figura 3.12 – Moldes de lajetas-molde individual	31
Figura 3.13 – Balança digital	32
Figura 3.14 – Betoneira e carro de mão	33
Figura 3.15 – Cone de Abrams.....	34
Figura 3.16 – Ensaio de abaixamento pelo Cone de Abrams	35
Figura 3.17 – Lajetas, recém-betonadas	36
Figura 3.18 – Provetes de controlo, recém-betonados	36
Figura 3.19 – Vibrador de agulha	37
Figura 3.20 – Manutenção da superfície do betão húmida	38
Figura 3.21 – Cobertura das lajetas com sacos de plástico	38
Figura 3.22 – Tina para imersão dos provetes	39
Figura 3.23 – Provetes imersos.....	40
Figura 3.24 – Caroteadora- Laboratório U.E.....	44

Figura 3.25 – Caroteadora- LNEC	45
Figura 3.26 – Lajeta L3 e carotes por extrair de 13 a 17.....	46
Figura 3.27 – Carotes Ø70mm, nº 55 a 59	46
Figura 3.28 – Carotes submersas em água até ensaio.....	47
Figura 3.29 – Prensa hidráulica.....	49
Figura 3.30 – Prensa hidráulica-Verificações	50
Figura 3.31 –Carotes para ensaio	51
Figura 3.32 – Carotes após ensaio de compressão.....	52
Figura 3.33 – Cubos após ensaio de compressão.....	53
Figura 4.1 –Relação entre cubos selecionados e carotes sem armaduras	79
Figura 4.2 – Relação entre a média de todos os cubos, carotes sem armadura e cubos selecionados	80
Figura 4.3 – Relação entre carotes sem armaduras e com armaduras, apenas corrigidas da forma.....	81
Figura 4.4 – Relação entre carotes com armaduras corrigidas da forma e varões, entre cubos e carotes sem armaduras.....	83
Figura 4.5 – Relação entre betão sem armadura, e betão corrigido da forma e corrigido da forma e varões	86

INDICE QUADROS

Quadro 2.1 – Margem k associada a pequeno número de resultados de ensaio.....	12
Quadro 2.2 – Mínima resistência “in situ” característica	13
Quadro 3.1 - Mapa de situações a considerar sem armaduras (dimensões em mm)	15
Quadro 3.2 - Mapa de situações a considerar com armaduras (dimensões em mm)	16
Quadro 3.3- Requisitos mecânicos e físicos expressos como valores característicos especificados	20
Quadro 3.4- Quantidades por 1m ³ de betão	29
Quadro 3.5- Carotagem 1 ^a fase.....	41
Quadro 3.6- Carotagem 2 ^a fase.....	43
Quadro 4.1- Informações sobre as amassaduras	54
Quadro 4.2- Abaixamento do betão.....	55
Quadro 4.3 - Provetes de controlo 1 a 3.....	56
Quadro 4.4 - Provetes de controlo 4 a 6.....	57
Quadro 4.5 - Provetes de controlo 7 a 9.....	58
Quadro 4.6 - Provetes de controlo 10 a 12.....	59
Quadro 4.7 - Provetes de controlo 13 a 15.....	60
Quadro 4.8 - Provetes de controlo 16 a 18.....	61
Quadro 4.10- Carotes sem armadura com h=d e h≠d	62
Quadro 4.11- Carotes com armadura com h=d e h≠d, com uma única e múltiplas armaduras .	63
Quadro 4.12- Carotes sem armadura com h=d, 2 ^a fase	67
Quadro 4.13- Resultados de carotes sem armaduras.....	70
Quadro 4.14- Resultados de cubos de controlo.....	71
Quadro 4.15 - Identificação das carotes pela lajeta e relação da forma h/d.....	73
Quadro 4.16 - f _c não corrigido e fator majorativo relativo às armaduras.....	74

Quadro 4.17- f_c corrigido dos varões e fator majorativo relativo à forma	76
Quadro 4.18- f_c corrigido da forma e f_c da forma e dos varões	77
Quadro 4.19 - f_c do betão sem armadura e do betão com armadura corrigido da forma e corrigido da forma e dos varões (MPa).....	85

1-INTRODUÇÃO

1.1-Considerações iniciais

Cada vez mais surgem circunstâncias para ser necessário conhecer a resistência real do betão, ou seja, a resistência do betão nas estruturas.

Para tal contribuem vários fatores, ou porque não se produziram provetes de controlo, para aferir da conformidade da resistência pré-definida, quando existe disputa sobre a qualidade do betão entre o fornecedor e o empreiteiro, ou ainda para avaliação de estruturas antigas que vão ser modificadas ou reabilitadas, ou mesmo por estarem danificadas, por incêndio, choque, etc.

Convém também fazer referência a diferentes formas de exprimir a resistência do betão: a resistência potencial que é medida em provetes fabricados em condições normalizadas, entre nós usam-se cubos de 15 cm de aresta ou cilindros de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura, que se conservam em atmosfera saturada e a 20°C, até serem ensaiados; e a resistência real, ou “in situ”, associada ao betão colocado nas estruturas edificadas, cujo processo de compactação e cura dependem das condições particulares de cada caso.

É com base no resultado dos ensaios em laboratório feitos sobre provetes normalizados que se especifica a resistência do betão, mas o betão em obra não foi aplicado e compactado em porções pequenas como os cubos, nem teve a mesma cura, logo a resistência dos cubos moldados e conservados de maneira controlada não é a mesma que a resistência do betão existente nas estruturas.

Para o fornecedor de betão, o mais importante é a resistência potencial, mas é a resistência “in situ” que conta para a segurança e desempenho da estrutura executada.

Como se disse de início existem várias razões para determinar a resistência “in situ”, esta pode ser determinada por meio de ensaios, uns não destrutivos, por exemplo baseados na medição da dureza superficial (índice esclerométrico) ou da velocidade de propagação dos ultra-sons, com grande probabilidade de produzirem erros apreciáveis.

Em contraste pode-se utilizar um outro método mais preciso, visto que a tensão de rotura é medida diretamente, que introduz ligeiros danos na estrutura, mas mais preciso, que é o ensaio de compressão às carotes extraídas dos elementos edificados.

Em consequência do interesse deste ensaio, e uma vez que nem sempre é possível evitar que as carotes tenham armaduras incorporadas, desenvolve-se esta dissertação sobre carotes (também chamadas de tarolos) com armaduras incorporadas.

1.2-Objectivo da dissertação

O objetivo deste trabalho é o estabelecimento de uma relação entre o betão de provetes normalizados (provetes de controlo) e carotes com armaduras incorporadas, e comparação com o método preconizado pela Concrete Society [16], para avaliar se o uso deste método não é contra a segurança.

Para tal fabricaram-se provetes de controlo e lajetas com o mesmo betão, incluindo armaduras colocadas em posições previamente determinadas, para posterior extração de carotes.

1.3-Organização da dissertação

O estudo realizado envolveu um levantamento de publicações relacionadas com o tema e uma pesquisa bibliográfica, onde se pretendeu adquirir conhecimento suficiente para a avaliação dos resultados.

Foi efetuada uma campanha experimental onde se produziram provetes de controlo e lajes em betão para extração de carotes, a que se seguiu o tratamento de resultados experimentais e a sua análise. De forma a apresentar a organização do trabalho de forma explícita, procede-se à sua descrição sobre a forma de capítulos:

Capítulo 1: Consiste numa pequena introdução à finalidade da dissertação e aos seus objetivos;

Capítulo 2: Apresenta o levantamento do estado da arte a nível nacional e internacional, que resultou da recolha bibliográfica abordando carotes com armaduras incorporadas e métodos de correção da sua resistência.

Capítulo 3: Descreve a metodologia da campanha experimental, incluindo os materiais utilizados, a composição do betão, o fabrico e a cura do betão e das lajes, os ensaios realizados, e por último a extração de carotes.

Capítulo 4: Apresenta os valores resultantes dos ensaios da campanha experimental, bem como a sua análise, comparando os valores de resistência á compressão do betão de controlo com os valores da resistência corrigida de carotes com armaduras.

Capítulo 5: Consiste na conclusão geral da dissertação, com realce nas relações estabelecidas no capítulo 4 e as suas justificações é feita também uma nota de prudência sobre os resultados alcançados.

Por fim apresenta-se a bibliografia consultada seguida dos anexos.

2-ANTECEDENTES (ESTADO DA ARTE)

2.1-Introdução

O presente capítulo pretende apresentar o estado de conhecimento tendo em conta a informação e resultados publicados, no âmbito da pesquisa efetuada, no que concerne à correção dos resultados dos ensaios de determinação da resistência à compressão de carotes de betão com varões de aço incorporados.

Faz-se uma abordagem, também, da resistência à compressão do betão em geral, assim como dos fatores que a influenciam.

2.2-Resistência à compressão e fatores que a influenciam

A resistência à compressão avaliada mais correntemente aos 28 dias de cura húmida, em cubos de 150x150x150 mm³ ou cilindros de 150x300 mm³ é a propriedade do betão com maior interesse na sua caracterização mecânica. Encontra-se relacionada com a capacidade dos seus constituintes resistirem às tensões que lhe são impostas, sem ocorrer rotura ou colapso.

Quando a avaliação da resistência é feita a partir de carotes, o ensaio numa carote com comprimento igual ao diâmetro nominal de pelo menos 100 mm dá um valor da resistência semelhante ao valor da resistência de um cubo de 150 mm de aresta, confeccionado e curado nas mesmas condições. O ensaio numa carote com um diâmetro nominal de pelo menos 100 mm e não mais de 150 mm e uma razão altura/diâmetro igual a 2,0 dá um valor da resistência semelhante à resistência de um cilindro de 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura, confeccionado e curado nas mesmas condições. A transposição de resultados de ensaios de carotes, com diâmetros de 50 mm a 150 mm e outras razões comprimento/diâmetro devem ser baseadas em fatores de conversão, com aptidão estabelecida.

São vários fatores que influenciam a resistência à compressão do betão, entre elas a quantidade de água de amassadura, a dosagem de cimento, a idade, a presença de adições ou adjuvantes, a vibração do betão, além de outros.

Mas o seu valor também pode ser também afetado pelas condições de ensaio, nomeadamente pela forma e dimensões dos provetes, estado de humidade e temperatura dos provetes, equipamento utilizado, modo de execução do ensaio, etc.

Dentro do contexto do estudo, e carotes produzidas irá ser abordado de forma privilegiada a influência da forma e da dimensão dos provetes.

2.3- A influência da forma e dimensões dos provetes

Os fatores que influenciam a resistência das carotes NP EN 13791, A.1 [15] podem ser classificados em categorias, conforme a sua influência está ligada a uma propriedade do betão ou é provocada por uma variável de ensaio. A história da conservação da estrutura e a idade

do betão quando da extração da carote, influenciam a resistência de uma carote. Devem ser tidos em conta, aquando da avaliação dos resultados de ensaio, certos fatores de influência, enquanto outros são geralmente ignorados.

2.3.1-Teor em água

A resistência medida é influenciada pelo teor de água da carote. Assim, a resistência duma carote saturada de água é cerca de 10 % a 15 % inferior a duma carote seca ao ar, cujo teor de água é, geralmente, compreendido entre 8 % a 12 %.

A NP EN 13791 [15] refere que as condições de humidade deverão ser tidas em conta. Nos casos em que a estrutura ou elemento prefabricado está húmido, as carotes deverão ser ensaiadas saturadas, de forma semelhante se a estrutura ou elemento prefabricado de betão está seco, as carotes deverão ser ensaiadas secas, ou seja, as carotes devem ser expostas ao ambiente do laboratório pelo menos 3 dias antes do ensaio NP EN 13791, 7.1 [15].

De acordo com a NP EN 12504-1 [12] se for requerido ensaiar o provete em condições saturadas, deve-se emergi-lo em água a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, pelo menos durante 40 horas antes do ensaio.

2.3.2-Porosidade

O betão totalmente compactado, num provete de ensaio corretamente executado, terá sempre algum ar aprisionado, em geral não ultrapassa 0,5% de vazios. Uma vez que o nível de vazios não é medido nas situações práticas, quando necessário o seu valor é assumido como 0,5% nos provetes moldados em condições normalizadas. Por outro lado, um aumento da porosidade diminui a resistência. Numa estrutura, a compactação é tal que a porosidade do betão é superior à medida nos provetes de ensaio.

Este aumento da porosidade de modo geral reduz a resistência à compressão da carote de betão em relação a um provete de ensaio totalmente compactado. Deste modo, por exemplo, havendo 1 % de vazios, decresce a resistência cerca de 5 % a 8 %.

O excesso de vazios no intervalo de 0,5% a 2,5% deve ser considerado normal, um excesso de vazios acima de 2,5% indica que o betão não foi bem compactado. O excesso de vazios não é fácil de determinar com exatidão. Existem dois métodos para estimar o seu valor um método visual e outro a partir da massa volúmica, métodos esses que não serão aqui desenvolvidos, e que permitem corrigir o valor da resistência da carote.

2.3.3-Efeito da extração

A extração de carotes pode originar microfissuras no processo de corte e criar uma zona superficial perturbada que pode ter incidência nos resultados obtidos ao se proceder ao seu ensaio de compressão.

De acordo com a NP EN 12504-1 [12] para a linearidade, a tolerância da linha geradora das carotes deve ser 3% do diâmetro médio da carote, este requisito não impede que na extração se originem microfissuras no processo de corte no decorrer da extração. A Concrete Society considera uma redução de 5% a 7% na resistência, correspondendo a um fator de correção médio da ordem de 1,06 equivalente ao proposto pelo ACI 214 4R, Tabela 8-1 [21].

2.3.4-Efeito da direção do corte

A NP EN 13791 [15] refere que “A resistência medida de uma carote, cortada verticalmente na direção da betonagem, depende da estabilidade do betão fresco, sendo maior do que se for extraída horizontalmente no mesmo betão. A diferença é tipicamente entre 0% e 8%.”

O mesmo documento diz que em geral, o resultado da carote não deverá ser modificado para ter em conta a direção da carotagem, a menos que requerido pelas especificações de projeto.

De acordo com Concrete Society a resistência à compressão de uma carote extraída na direção ortogonal à da colocação do betão deve ser majorada de 8%, desta forma este documento conclui que a resistência do provete de betão extraído na perpendicular à direção de betonagem é 8% menor que a do provete normalizado onde a moldagem e a aplicação da força no ensaio têm a mesma direção.

2.3.5-Efeito do diâmetro/altura

O diâmetro da carote influencia o valor da resistência medida e a variabilidade da resistência. Considerando as normas inglesas o diâmetro adequado é o de 10 ou 15 cm, com preferência para o de 15 cm, de modo geral reduzindo as dimensões dos espécimes de ensaio obtêm-se resistências médias e dispersões superiores e o contrário também é aceite, a redução da resistência dos espécimes de maior secção é também devida á deformabilidade dos pratos da prensa.

A resistência de uma carote extraída na horizontal com 10 cm de diâmetro (d) e uma altura (h) com $(\lambda = \frac{h}{d} = 1)$, sendo h a altura da carote e d o diâmetro da carote) corresponde aproximadamente à resistência de um cubo de 15 cm de aresta. As relações h/d inferiores à unidade não são previstas.

A razão altura/diâmetro (λ) numa carote influencia a resistência medida. A resistência diminui para $\lambda > 1$ e aumenta para $\lambda < 1$. Isto resulta principalmente da restrição introduzida pelos pratos das máquinas de ensaio.

De acordo com a norma BS EN 12504-1 NA.3 [18] para determinar a resistência à compressão “in situ” de um cubo, deve-se corrigir o resultado da carote em função da relação altura/diâmetro. O fator de correção ($K_{is,cubo}$) é valido para carotes com um valor de λ entre 1,0 e 1,2.

$$K_{is,cubo} = \frac{2,5}{1,5 + (\frac{1}{\lambda})}$$

De acordo com o Technical Report nº 11 da Concrete Society, usa-se 2,5 para carotes extraídas na horizontal e 2,3 para carotes extraídas na vertical

Quando não existem armaduras incorporadas nas carotes, não é necessário corrigir a tensão de rotura devido á existência de varões de aço, logo a tensão de rotura estimada do cubo é dada por:

$$f_{is,cubo} = K_{is,cubo} \times \sigma_{carote}$$

onde,

$f_{is,cubo}$ =resistência estimada para um cubo de controlo em MPa

σ_{carote} =resistência à compressão da carote, em MPa

Para $\lambda=1$, o valor estimado para a resistência de um cubo é igual à da carote ensaiada

2.3.6-Efeito da armadura

De acordo com a NP EN 13791 [15] e as normas inglesas, as carotes para avaliar a resistência do betão não deverão conter armaduras, estando fora de causa o ensaio das que contêm varões segundo o seu eixo.

De acordo com a mesma literatura, para carotes com armaduras (não colocadas axialmente) deve ser expectável que ocorra uma redução da resistência. Em bibliografia inglesa nomeadamente a da Concrete Society, Apêndice 4 Parte 3 [16] considera que originam uma redução da resistência, que será tanto maior quanto maior for o diâmetro do varão e a sua distância à face de ensaio mais próxima.

De acordo com a mesma norma, a extensão da redução depende de muitas variáveis, e pode variar de 0% a 20% (quando estão presentes varões de grande diâmetro ou existem múltiplos varões), sendo assim quando existir armaduras nas carotes deve-se utilizar um fator para multiplicar a tensão de compressão real estimada para corrigir essa tensão de compressão da carote quanto há presença de aço.

Esta redução de resistência parece ser consequência de um aumento de água ou vazios por baixo das armaduras horizontais que se pode considerar um “defeito local” das carotes com armaduras.

Assim para uma carote com um único varão perpendicular ao eixo da carote, a estimativa da resistência à compressão é obtida através da multiplicação pelo seguinte fator.

$$K_s = 1 + 1,5 \times \left(\frac{\varphi_r}{\varphi_c} \times \frac{h}{l} \right)$$

Onde:

φ_r = diâmetro do varão

φ_c = diâmetro da carote

h = distância do eixo do varão à face de compressão mais próxima

l = comprimento da carote depois de cortada e retificada

Para múltiplos varões o coeficiente deve ser obtido pela utilização da seguinte expressão:

$$K_s = 1 + 1,5 \sum (\varphi_r \times h) / \varphi_c \times l$$

Nota: Para dois varões que não estão mais afastados, no seu ponto mais próximo, do que o diâmetro do varão maior, apenas o varão correspondente ao maior valor de $(\varphi_r \times h)$ precisa de ser incluído. A correção da resistência “in situ” de um cubo ($f_{is,corr,cubo}$) é calculada pela aplicação da expressão dada anteriormente à resistência real da carote.

$$f_{is,corr,cubo} = K_{is,cubo} \times K_s \times \sigma_{carote}$$

Este valor pode ser utilizado para avaliar a integridade estrutural e não serem necessárias correções complementares.

No capítulo 5 do relatório da Concrete society [16] são apresentados vários estudos efetuados, um na Alemanha que envolveu mais de 300 carotes com 151 mm de altura e 99 mm de diâmetro, extraídas de lajes com várias variáveis, nomeadamente o número de varões, seu posicionamento e com diferentes tipos de betão, os resultados mostraram um máximo de redução de 3% na força da carote.

Um outro estudo efetuado nos Estados Unidos, descrito no mesmo relatório, efetuado com 66 cilindros, com um ou dois varões incluídos, um de menor diâmetro de 12 mm o outro de 20 mm, perpendiculares ao eixo, os resultados mostram que para um único varão de 12 mm a redução da resistência é de 8%, no caso de se utilizar dois varões a redução é de 11 %, no caso do varão de 25 mm para um varão essa diminuição é de 9% e para dois varões de 13%, um estudo similar também no Estados Unidos, também descrito no mesmo relatório, usando apenas um único varão mas posicionado diferentemente em alimetria como em planimetria, os resultados mostram que para menores distâncias à extremidade e para maiores diâmetros as reduções na resistência são maiores e também há um decréscimo para varões não perpendiculares ao eixo da carote.

Outras investigações na pesquisa de formulações para avaliação da resistência real à compressão utilizando carotes, apresentam variabilidade de soluções relativamente à quantificação do efeito pela presença de armaduras existentes nas carotes.

Loo *et al.* [22] tem mostrado que os efeitos induzidos pela incorporação de varões de aço podem ser negligenciadas para carotes de pequeno diâmetro.

A American Standards Institute ACI 214 4R-03 [21] refere apenas que se deve evitar o uso de carotes com varões, não incluindo correções para o efeito induzido pela sua presença.

Fema 274 [23] utiliza um fator de correção relacionada com a presença de varões de aço na carote, fator de 1,08 para um varão e 1,13 para dois varões.

Masi [22] entre as formulações mais recentes também apresenta um fator de correção que é igual à unidade para a ausência de varões e varia de 1,03 para pequenos diâmetros ($\varnothing 10$) a 1,13 para grandes diâmetros ($\varnothing 20$).

2.4-Avaliação da resistência á compressão “in situ”

Por último faz-se uma síntese de acordo com a normalização portuguesa NP EN 13791 [15] da avaliação da resistência à compressão “in situ” por análise de carotes.

A resistência “in situ” característica é avaliada utilizando a abordagem A ou a abordagem B.

De acordo com o documento “A abordagem A aplica-se quando estão disponíveis pelo menos 15 carotes. A abordagem B aplica-se quando estão disponíveis 3 a 14 carotes. A aplicação das duas abordagens na avaliação da resistência do betão nas estruturas existentes, acerca das quais não há informação anterior, pode ser definida no local de utilização”.

2.4.1 –Abordagem A

A estimativa da resistência à compressão “in situ” característica da zona de ensaio é o mais baixo valor de:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 \times s \quad (1)$$

ou:

$$f_{ck, is} = f_{is, menor} + 4 \quad (2)$$

Onde:

$f_{ck, is}$ - resistência à compressão “in situ” característica

$f_{m(n), is}$ - a média dos resultados de n ensaios da resistência à compressão “in situ”

$f_{is, menor}$ - menor resultado do ensaio da resistência à compressão “in situ”

s- é o desvio padrão dos resultados dos ensaios ou 2,0 N/mm², tomando-se o maior valor;

k₂- é dado em disposições nacionais, ou, se não for dado, é igual a 1,48.

A classe de resistência é obtida a partir do Quadro 2.2, utilizando a estima da resistência à compressão “in situ” característica.

(1)-A estimativa da resistência característica usando o resultado mais fraco das carotes deverá refletir a confiança de que este resultado mais fraco representa a mais baixa resistência na estrutura ou componente em consideração.

(2)-Quando a distribuição das resistências das carotes parece vir de duas populações, a zona de ensaio deve ser dividida em duas zonas.

2.4.2-Abordagem B

A estima da resistência à compressão “in situ” característica da zona de ensaio é o mais baixo valor de:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k$$

ou

$$f_{ck, is} = f_{is, menor} + 4$$

A margem k depende do número n de resultados de ensaio e o valor apropriado é seleccionado no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Margem k associada a pequeno número de resultados de ensaio

n	k
10 a 14	5
7 a 9	6
3 a 6	7

O Quadro 2.2 apresenta os requisitos relativos à mínima resistência à compressão “in situ” característica em relação às classes de resistência da EN 206-1.

Quadro 2.2 – Mínima resistência “in situ” característica

Classes de resistência à compressão da EN 206-1	Relação entre a resistência “in situ” característica e a resistência característica de provetes normalizados	Mínima resistência “in situ” característica N/mm ²	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cube}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15	0,85	10	13
C16/20	0,85	14	17
C20/25	0,85	17	21
C25/30	0,85	21	26
C30/37	0,85	26	31
C35/45	0,85	30	38
C40/50	0,85	34	43
C45/55	0,85	38	47
C50/60	0,85	43	51
C55/67	0,85	47	57
C60/75	0,85	51	64
C70/85	0,85	60	72
C80/95	0,85	68	81
C90/105	0,85	77	89
C100/115	0,85	85	98

3-CAMPANHA EXPERIMENTAL

3.1-Introdução

A campanha experimental assenta num plano definido à priori, e consiste na produção de lajetas em betão com armaduras colocadas em diversas alturas, de acordo com as disposições e condições definidas e tem como finalidade a extração de carotes para corte e retificação, para posterior ensaio à compressão.

E desta forma estudar a influência da presença de armaduras na resistência à compressão de carotes de betão.

Os resultados aqui obtidos serão interpretados e analisados no capítulo seguinte.

3.2-Fases da campanha experimental

A campanha experimental divide-se fundamentalmente em quatro fases: uma primeira fase que é do planeamento, composição do betão, desenho das lajetas e idealização de moldes.

Uma segunda fase constituída pela execução de moldes, preparação de armaduras e o fabrico do betão e respetiva betonagem das lajetas.

A terceira fase corresponde à extração das carotes e a quarta e última fase os ensaios de compressão às carotes.

3.3-Definição do plano experimental

Como se referiu este plano experimental tem como finalidade a produção de carotes com e sem armadura a fim de serem estudadas as relações entre a resistência do betão com e sem inclusão de armaduras.

Definiram-se os diâmetros das carotes a produzir ($\varnothing 70$, $\varnothing 90$, $\varnothing 100$) em mm, assim como as alturas (70, 100, 140) também em mm, tendo em consideração os mais correntemente utilizados.

Estabeleceram-se os diâmetros dos varões a utilizar ($\varnothing 6$, $\varnothing 10$, $\varnothing 16$) mm, a distância destas á superfície (15, 25 e centro) e o número de varões a incorporar por carote (1 a 3), instalados de forma a ficarem perpendiculares ao eixo das carotes.

As carotes perfazem um total de 18 sem armadura e 78 com armadura.

Por outro lado, também se estabeleceu o tipo de betão a utilizar, o tipo de cimento a incorporar e o uso de adições e adjuvantes, e ainda a consistência determinada no ensaio do cone de Abrams.

Definiu-se também os tempos mínimos para ensaio dos provetes assim como para a extração de carotes.

Este conjunto de carotes inicialmente previstas pertence à 1ª fase, produziram-se um segundo conjunto de carotes sem armaduras, devido à necessidade de efetuar mais ensaios ao betão, aproveitando betão de lajetas ainda existentes e que pertence à 2ª fase.

No quadro 3.1 estão apresentadas todas as situações estudadas, no que se refere a carotes sem armadura, identificando o comprimento, o diâmetro, o número de carotes (unidades) e a codificação de cada carote (1a - 18a).

Quadro 3.1 - Mapa de situações a considerar sem armaduras (dimensões em mm)

Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)		
	70	90	100
70	3unidades Referência- (1a;12a;3a)	3unidades (4a;5a;6a)	3unidades (7a;8a;9a)
140	3unidades (10a;11a;2a)	3unidades (13a;14a;15a)	3unidades (16a;17a;18a)

No quadro 3.2 encontra-se a discriminação das carotes que incluem armaduras, correspondendo o número do ensaio ao número da carote.

Quadro 3.2 - Mapa de situações a considerar com armaduras (dimensões em mm)

Ensaio n°	Número de varões	Diâmetro do varão (\varnothing_r)	Diâmetro da carote(\varnothing_c)	Distância da armadura (h)	Comprimento da carote (L)
1	1	6	70	15	70
2					140
3				25	70
4					140
5				centro	100
6					140
7		10	70	15	70
8					140
9				25	70
10					140
11				centro	100
12					140
13		16	70	15	70
14					140
15				25	70
16					140
17				centro	100
18					140
19		6	90	15	70
20					140
21				25	70
22					140

Ensaio nº	Número de varões	Diâmetro do varão (\varnothing_r)	Diâmetro da carote (\varnothing_c)	Distância da armadura (h)	Comprimento da carote (L)			
23	1	6	90	centro	100			
24					140			
25		10	90	15	70			
26					140			
27				25	70			
28					140			
29				centro	100			
30					140			
31				16	90	15	70	
32							140	
33		25	70					
34			140					
35		centro	100					
36			140					
37		1	6			100	15	70
38								140
39	25			70				
40				140				
41	centro			100				
42				140				
43	10		100	15	70			
44					140			
45				25	70			

Ensaio nº	Número de varões	Diâmetro do varão ($\varnothing r$)	Diâmetro da carote ($\varnothing c$)	Distância da armadura (h)	Comprimento da carote (L)
46	1	10	100	25	140
47				centro	100
48					140
49				16	100
50		140			
51		25	70		
52			140		
53		centro	100		
54			140		
55		2	10	70	15 e 25
56	140				
57	25 e centro				100
58					140
59	15 e Centro				100
60					140
61	10		90	15 e 25	70
62					140
63				25 e centro	100
64					140
65		100	15 e Centro	100	
66				140	
67	10	100	15 e 25	70	
68				140	

Ensaio nº	Número de varões	Diâmetro do varão (\varnothing_r)	Diâmetro da carote (\varnothing_c)	Distância da armadura (h)	Comprimento da carote (L)
69	3	10	90	25 e centro	100
70					140
71				15 e Centro	100
72					140
73				15, 25 e centro	100
74					140
75				2x15 e centro	100
76					140
77	2x25 e Centro	100			
78		140			

3.4- Betão

3.4.1-Betão de referência

Foi estabelecido um betão que pode ser considerado normal, com um nível de resistência intermédio e com uma trabalhabilidade corrente. Assim, em função do especificado na norma NP EN 206-1 [3], estabeleceu-se um betão C da classe de resistência C 30/37 e com uma trabalhabilidade (abaixamento) delimitada por registos de 100 - 150 mm (classe de consistência S3).

Foi usado um cimento corrente, CEM II/A-L Classe 42,5 R, fornecido em sacos de 50 kg da cimenteira SECIL, da central de Outão, Setúbal. A água de amassadura foi água potável, da rede de abastecimento pública. O local de fabrico foi o Laboratório de Engenharia Civil da Universidade de Évora. O betão incluiu um plastificante corrente, e os agregados seguiam a curva granulométrica de Faury, para $D_{máx} = 21,58\text{mm}$.

3.4.2-Materiais constituintes do betão

3.4.2.1-Cimento

Foi definido a utilização de um cimento do tipo CEM II/A-L Classe 42,5 R, de acordo com a NP EN 197-1 [2].

O CEM II/ A-L 42,5R é um cimento Portland de calcário, composto por clínquer na quantidade de 80% a 94% e um fíler calcário entre os 6 a 20 %. Classe de resistência de referência 42,5 e com resistência inicial elevada, indicada por R.

Quadro 3.3- Requisitos mecânicos e físicos expressos como valores característicos especificados

Classe de resistência	Resistência à compressão		Tempo de início de presa (minutos)	Expansibilidade (mm)
	MPa			
	Resistência aos primeiros dias	Resistência de referência		
	2 dias	28 dias		
CEM II/ A-L 42,5 R	≥ 20,0	≥ 42,5e≤ 62,5	≥ 60	≤ 10

3.4.2.2-Agregados

Na confeção do betão foram utilizados 4 tipos distintos de agregados: duas areias, uma grossa proveniente do rio e uma outra fina proveniente de depósitos arenosos, e duas britas de origem granítica denominadas brita 1 mais fina e brita 2 mais grosseira.

- *AREIA FINA*

Este agregado com proveniência de depósitos arenosos, de forma rolado é o mais fino utilizado na composição do betão. A areia fina tem as dimensões das partículas compreendidas entre os 1,18 mm e os 0,075 mm, com uma massa volúmica de 2620 kg/m³, D_{máx}=0,68 mm (Faury) e um módulo de finura de 1,81.

A areia fina possui uma taxa de absorção de água de praticamente 0% e o teor de humidade existente nas partículas de 0,11%.



Figura 3.1 – Areia fina

Em seguida apresenta-se o gráfico da curva granulométrica da areia fina (figura 3.2). Em abcissas encontra-se os números dos peneiros e em ordenadas a percentagem de material passado acumulado.

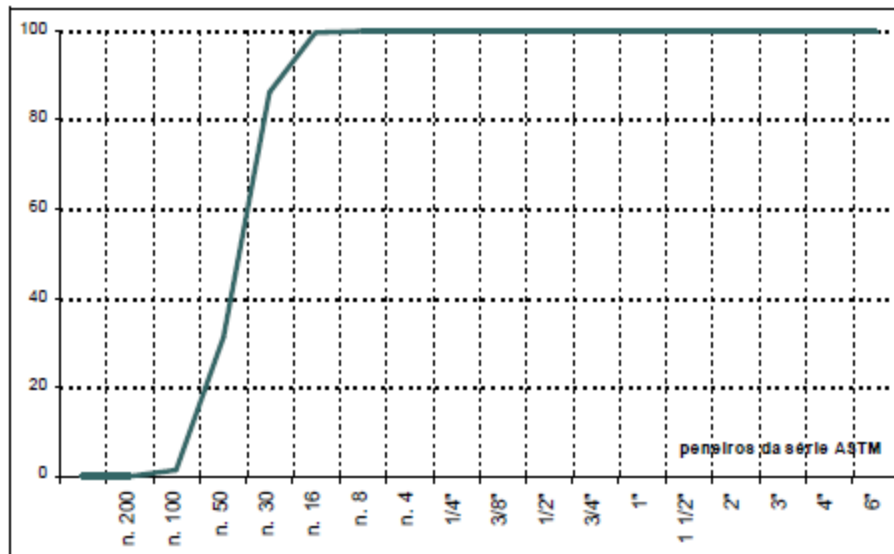


Figura 3.2- Análise granulométrica da areia fina

- **AREIA GROSSA**

Este agregado de proveniência fluvial, de forma rolado tem as dimensões das partículas compreendidas entre os 4,75 mm e os 0,075 mm, com uma massa volúmica de 2620 kg/m³, D_{máx}=2,44 mm (Faury), um módulo de finura de 2,85.

A areia grossa possui uma taxa de absorção de água de praticamente 0% e o teor de humidade existente nas partículas de 0,14%.



Figura 3.3 – Areia Grossa

Em seguida apresenta-se o gráfico da curva granulométrica da areia grossa (gráfico 3.2). Em abcissas encontra-se os números dos peneiros e em ordenadas a percentagem de material passado acumulado.

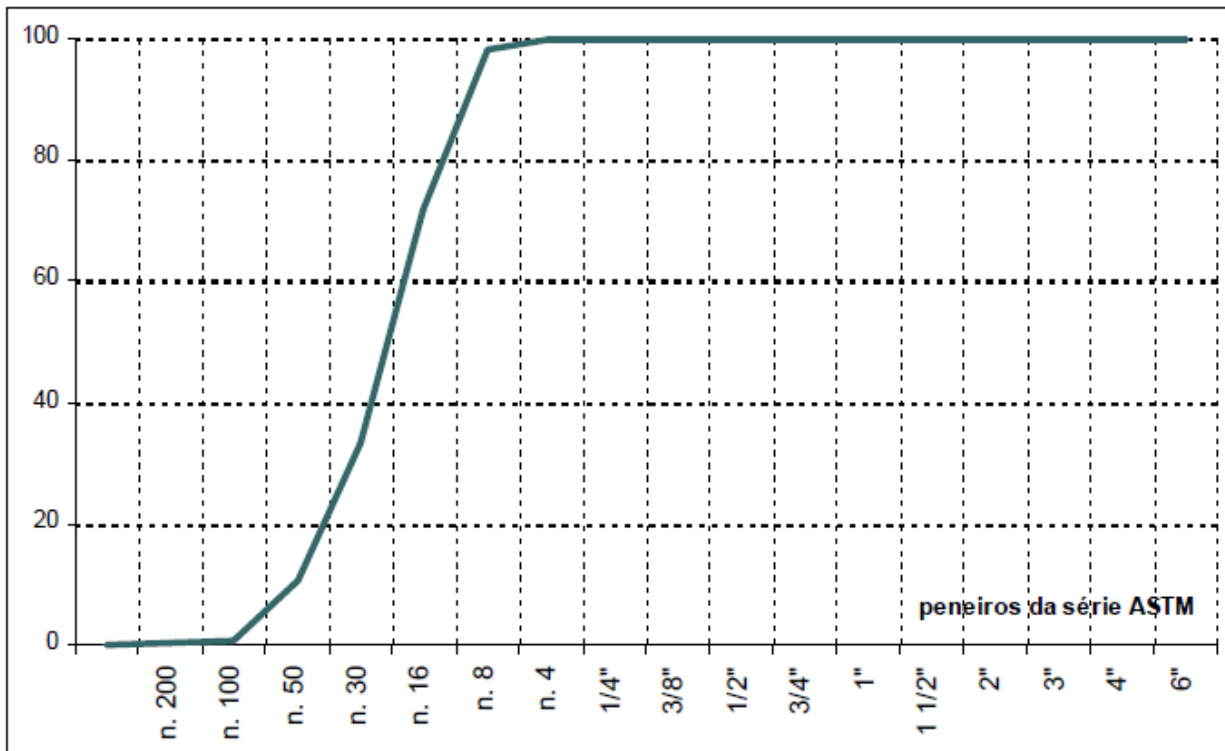


Figura 3.4- Análise granulométrica da areia grossa

- **BRITA 1**

A brita 1 tem as dimensões das partículas compreendidas entre os 12,5 mm e os 2,36 mm, com uma massa volúmica de 2650 kg/m³ D_{máx}=13.01 mm (Faury), e um módulo de finura de 6,46.

A brita 1 possui uma taxa de absorção de água de 0,6% e o teor de humidade existente nas partículas de 0,28%.



Figura 3.5 – Brita 1

Em seguida apresenta-se o gráfico da curva granulométrica da brita 1 (gráfico 3.3). Em abcissas encontra-se os números dos peneiros e em ordenadas a percentagem de material passado acumulado.

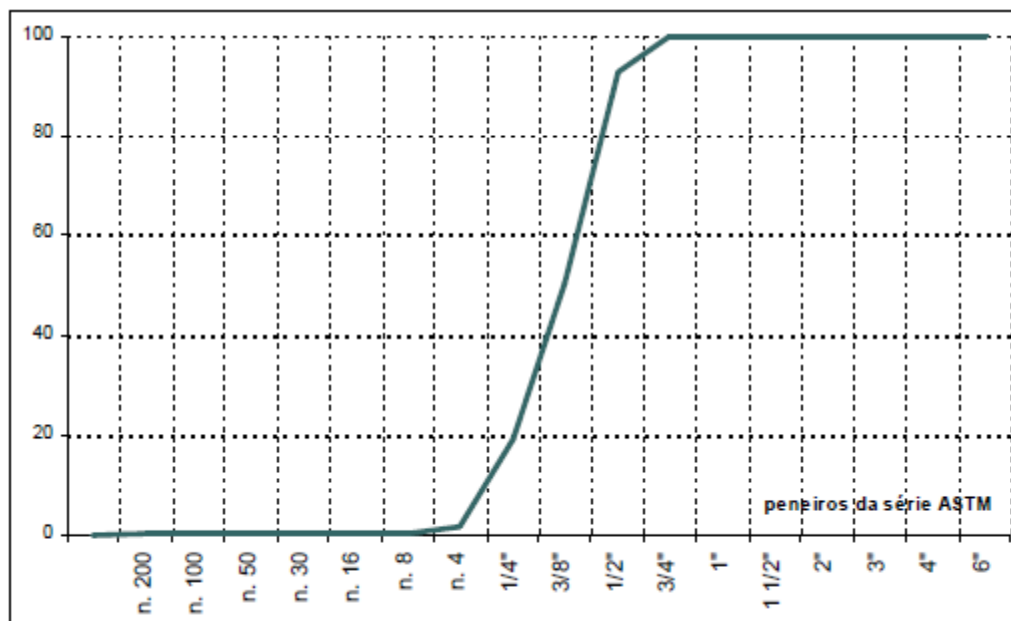


Figura 3.6- Análise granulométrica da brita 1

- *BRITA 2*

A brita 2 tem as dimensões das partículas compreendidas entre os 19 mm e os 9,5 mm, com uma massa volúmica de 2680 kg/m³, $D_{máx} = 21,58$ mm (Faury), e um módulo de finura de 7,22.

A brita 1 possui uma taxa de absorção de água de 0,6% e o teor de humidade existente nas partículas de 0,23%.

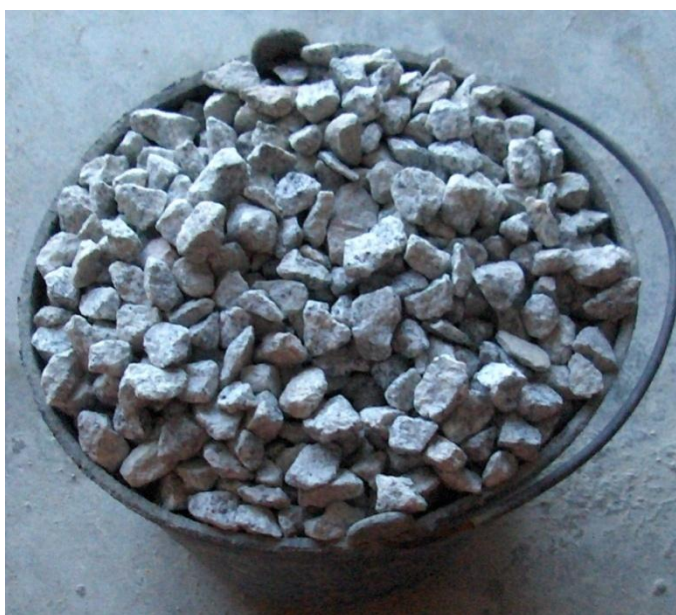


Figura 3.7 – Brita 2

Em seguida apresenta-se o gráfico da curva granulométrica da brita 1 (gráfico 3.4). Em abcissas encontra-se os números dos peneiros e em ordenadas a percentagem de material passado acumulado.

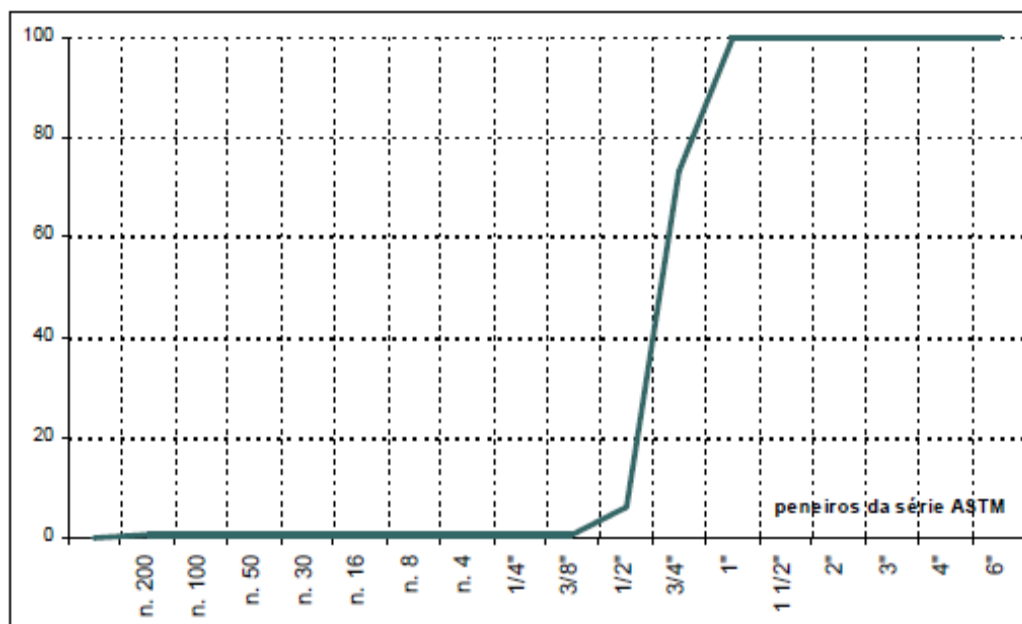


Figura 3.8- Análise granulométrica da brita 2

3.4.2.3-Água

A água utilizada para a elaboração do betão é uma água potável canalizada existente no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade de Évora, localizado no Pólo da Mitra. A água utilizada está de acordo com a norma NP EN 1008 [5].

3.4.2.4-Ajuvante

Designa-se por adjuvante todo o material ou substância adicionado durante a amassadura do betão em quantidade que não exceda 5% da massa de cimento com o fim de modificar as propriedades do betão, quer no estado fresco, quer no estado endurecido

Foi utilizado um plastificante, POZZOLITH 540, fabricado e distribuído pela empresa BASF, The Chemical Company, com função principal de redutor de água/plastificante.

Este adjuvante é classificado pela norma NP EN 934-2 [4] como Q2.

Foi utilizado uma quantidade de cerca de 1% sobre o peso do cimento.

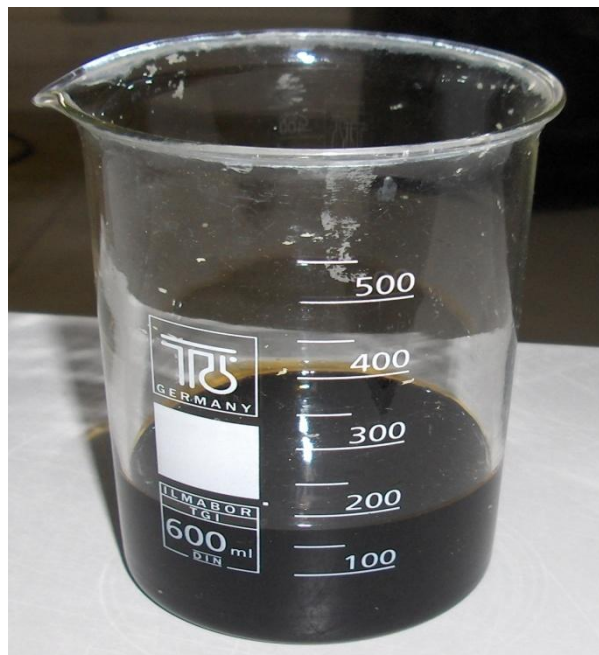


Figura 3.9 – Pozzolith 540

3.4.3-Composição do betão

A composição do betão foi determinada através de programa automático pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, e fornecido gentilmente pela empresa Unibetão.

A quantidade de cimento foi estabelecida em 320 kg/m³.

Previu-se uma relação A/C de aproximadamente 0,5, que será perfeitamente conseguida através do efeito redutor de água do plastificante.

Este cálculo foi efetuado de acordo com o preconizado por Faury, trata-se essencialmente de um método gráfico que assenta nas curvas de referência, são composições granulométricas que tem em conta as condições de colocação do betão, e em particular a trabalhabilidade.

Para aplicação do método das curvas de referência, começa-se por obter experimentalmente a curva granulométrica de cada agregado utilizado, determinando a máxima dimensão do inerte mais grosso, D_{máx}.

Calculam-se então as coordenadas dos pontos que definem a curva granulométrica de referência do agregado do betão, depois de lhe ter atribuído o valor adequado dos parâmetros que a definem, como máxima dimensão e trabalhabilidade requerida.

Por meio de construção gráfica faz-se o ajustamento da granulometria dos agregados a esta curva, determinando a percentagem de cada um, de modo que, no conjunto a sua combinação se adapte o melhor possível á curva de referência.

Num gráfico em que as abcissas são proporcionais ao logaritmo da abertura dos peneiros, a curva granulométrica da combinação dos agregados utilizados deve cortar a de referência de tal sorte que a soma das áreas compreendidas entre estas duas curvas e que ficam acima da curva de referência seja igual à soma das áreas que ficam abaixo dela.

Sendo assim a composição determinada é a seguinte para 1m³ de betão:

Quadro 3.4- Quantidades por 1m³ de betão

Componentes Sólidos/líquidos	Volume Absoluto %	Massa Volúmica kg/L	Peso do Agregado kg
Brita 2	18,4	2,68	400
Brita 1	27,7	2,65	597
Areia Grossa	28,7	2,62	612
Areia Fina	12,3	2,62	262
Cimento	12,9	3,05	320
Total	100		2191
Água		168L	
Volume vazios		18L	
Plastificante		3,20L	

limpos, faz-se nova marcação para as armaduras e executam-se os furos, tornam-se a montar, coloca-se as armaduras e finalmente o óleo descofrante.



Figura 3.11 – Moldes de lajetas



Figura 3.12 – Moldes de lajetas-molde individual

3.7-Produção de betão

Depois de definida a composição do betão, os agregados e o cimento, de acordo com o volume da amassadura definido são pesados em balança digital com capacidade de 20 kg.

A água de amassadura é medida em litros, assim como o plastificante, tendo em conta a densidade deste.



Figura 3.13 – Balança digital

A amassadura é feita em betoneira elétrica móvel de eixo inclinável e giratória com capacidade máxima de 140 litros, as amassaduras efetuadas têm capacidade de 70 litros, a que corresponde ao volume de 4 lajetas e de três cubos de 15 cm de aresta. Adotou-se o seguinte procedimento para a amassadura: colocar primeiro os agregados na betoneira depois adicionou-se parte da água e o cimento, após os agregados estarem bem envolvidos pelo cimento procede-se então à colocação do adjuvante e da restante água. Assim, depois de

misturados os componentes do betão e feita a amassadura, este é transportado para os moldes por carro de mão.



Figura 3.14 – Betoneira e carro de mão

3.8-Ensaio ao betão no estado fresco

3.8.1-Ensaio de abaixamento

A realização deste ensaio de abaixamento (cone de Abrams), que mede a trabalhabilidade dos betões, foi efetuado de acordo com a norma NP EN 12350-2 [8].

Foi fixado que a classe de abaixamento a cumprir por parte do betão seria um S3, caracterizada por um abaixamento compreendido entre de 100 e 150 mm.

Este ensaio será repetido em cada amassadura de modo a garantir a mesma trabalhabilidade do betão nas várias amassaduras, se não se conseguir o betão será corrigido pela adição preferencialmente de pequenas quantidades de plastificante de modo a não alterar a relação água /cimento do betão (o plastificante tipicamente varia entre 1% a 3% do peso do cimento).

Após garantir uma consistência S3 procede-se então ao enchimento dos moldes.



Figura 3.15 – Cone de Abrams



Figura 3.16 – Ensaio de abaixamento pelo Cone de Abrams

3.9-Betonagem de lajetas e execução de provetes

Como se referiu anteriormente, após a amassadura e execução do ensaio de abaixamento, o betão é transportado para o interior do laboratório onde decorre a operação de betonagem de lajetas e provetes de controlo, estes em número de três por cada amassadura.

Produziram um total de 21 lajetas e 18 provetes de controlo, três unidades por cada amassadura.

Os moldes são cheios através de pás e colheres de pedreiro e posteriormente vibrados através de vibrador de agulha e finalmente afagados com colher de pedreiro, o enchimento e betonagem é feito em duas vezes por limite de capacidade de transporte do carro de mão.

A betonagem ocorreu sempre de manhã e durante um único mês, Julho de 2013, as operações duravam cerca de duas horas (amassadura + betonagem + afagamento). Em relação à execução e cura dos provetes de ensaio, foram seguidos os métodos descritos na NP EN

12390-2 [10] “Ensaio ao betão endurecido - Parte 2: Execução e cura dos provetes de ensaio de resistência mecânica”.



Figura 3.17 – Lajetas, recém-betonadas



Figura 3.18 – Provetes de controlo, recém-betonados



Figura 3.19 – Vibrador de agulha

3.10-Cura de provetes e lajetas

A fase de endurecimento e cura constitui a última fase do processo de fabrico do betão.

Apesar deste facto, esta última etapa assume um papel de especial importância na resistência do betão.

A cura do betão deve efetuar-se sob condições de temperatura e humidade que permitam a correta hidratação do ligante de forma a evitar as patologias subsequentes de que é exemplo a fendilhação devida à retração.

Os métodos de cura utilizados, de acordo com o previsto na NP EN13670 [14], visam obter baixas taxas de evaporação da superfície do betão ou manter esta permanentemente húmida e mantê-las a uma temperatura o menos variável possível.

E são os seguintes:

- Cobertura do betão com capas impermeáveis ao vapor fixadas nos extremos e nas juntas;
- Manutenção da superfície do betão visivelmente húmida com água adequada;

- Manutenção das lajetas em ambiente fechado com temperatura mais ou menos constante.



Figura 3.20 – Manutenção da superfície do betão húmida



Figura 3.21 – Cobertura das lajetas com sacos de plástico

Após 24 horas do enchimento dos cubos procede-se à sua descofragem, e colocação dos mesmos num tanque de cura.

A cura de provetes de controlo é efetuada de acordo com a NP EN 12390-2 [10], a cura é feita com os provetes imersos em água à temperatura de 22°C.



Figura 3.22 – Tina para imersão dos provetes

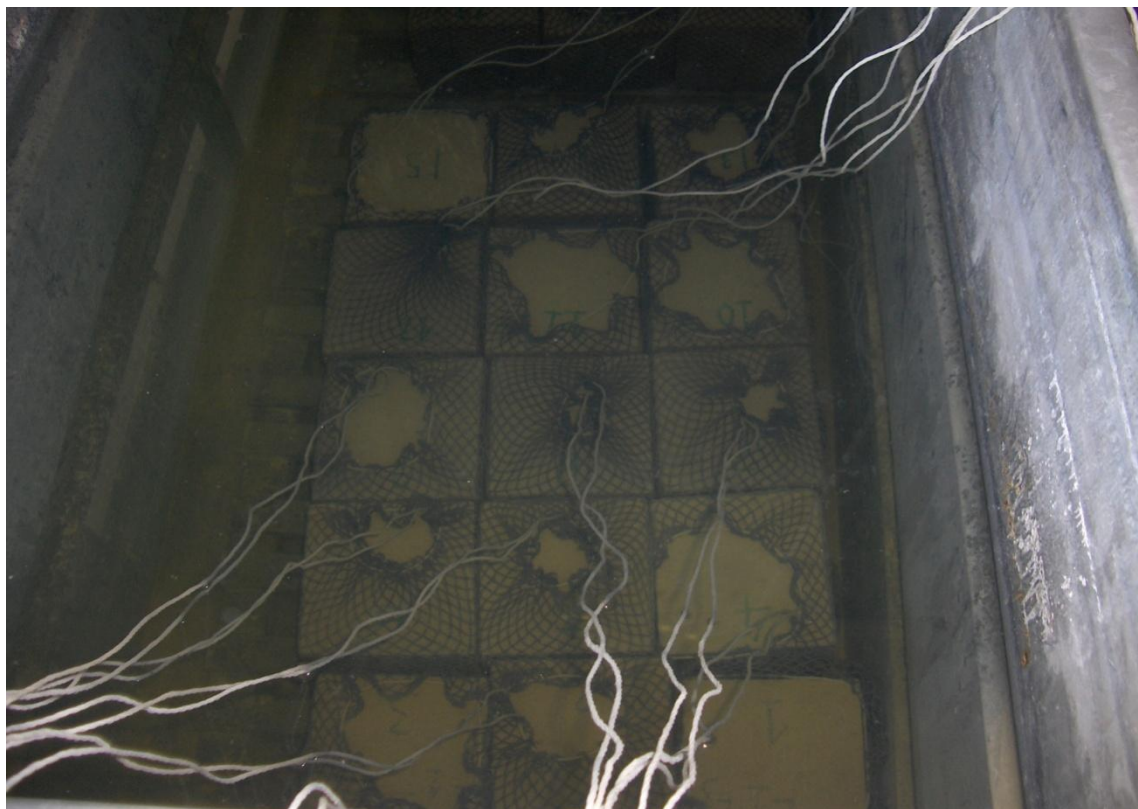


Figura 3.23 – Provetes imersos

3.11-Extracção de carotes

A extração de carotes foi efetuada de acordo com a norma NP EN 12504-1 [12], as carotes foram previamente marcadas nas lajes para extração, estas foram marcadas num quadrado inscrito nas lajes, afastado de uma distância de 2,5 cm às extremidades, a fim de evitar influência do efeito de parede, e tendo o seu eixo perpendicular ao (s) varão (ões) quando este (s) existe (m), seguindo a boa norma de preferencialmente serem extraídas de pontos afastados das juntas ou arestas do elemento de betão.

As carotes foram obtidas perpendicularmente à superfície, a caroteadora foi mantida rigidamente posicionada durante a carotagem através de um sistema de vácuo, a broca é arrefecida por jacto de água e o corte é efetuado com pressão necessária e constante, sendo mais lento aquando do corte dos varões. A carotagem foi efetuada para além de 7 dias da betonagem das lajes.

As carotes de menor diâmetro ($\varnothing 70$) mm foram extraídas no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade de Évora, as de maior diâmetro ($\varnothing 90$ e $\varnothing 100$) mm foram extraídas no Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Foram extraídas nos diâmetros de 70, 90 e 100mm e altura de 150 mm. De cada lajeta extraíam-se 4 a 6 carotes conforme o diâmetro, posteriormente seriam cortadas e retificadas nas dimensões estabelecidas para ensaio.

Imediatamente após carotear, as carotes foram marcadas de forma clara e indelével.

Como referido anteriormente as carotes pertencentes ao plano inicial estabelecido, ficam enquadradas numa primeira fase (1ª fase), as que se determinou extrair à posteriori pertencem à (2ª fase).

Esta segunda fase surgiu da necessidade de efetuar mais carotes afim de dissipar duvidas surgidas sobre o resultado das primeiras carotes efetuadas, como restaram algumas lajetas com betão ainda disponível decidiu-se extrair as que fossem possíveis, estas foram preparadas com $\varnothing=h$, sem armaduras e nos diâmetros 67, 88 e 100 mm, extraíram-se mais 18 unidades com a designação de Cc.

Essa necessidade prende-se com resultados pouco homogéneos, com elevada dispersão, obtidos na primeira fase (carotes sem armaduras e carotes com armaduras).

Quadro 3.5- Carotagem 1ª fase

\varnothing Carote (mm)	Extração (Dia)	Idade na extração (Dias)	Designação da carote	Origem lajeta	Observações Local de extração
$\varnothing 70$	22/08/2013	44	1a, 12a; 3a	L1A	Lab. U. Évora
$\varnothing 70$	26/08/2013	48	1; 2; 3; 4; 5; 6	L1	"
$\varnothing 70$	27/08/2013	49	7; 8; 9; 10; 11; 12	L2	"
$\varnothing 70$	27/08/2013	39	10a; 11a; 2a	L9	"
$\varnothing 70$	28/08/2013	44	55; 56; 57; 58; 59; 60	L16	"
$\varnothing 70$	28/08/2013	50	15; 17	L3	"

Ø Carote (mm)	Extração (Dia)	Idade na extração (Dias)	Designação da carote	Origem lajeta	Observações Local de extração
Ø 90	29/08/2013	45	19; 20; 21; 22; 4a	L4	"
Ø 90	29/08/2013	45	23; 24; 5a; 6a	L5	"
Ø 90	30/08/2013	42	13a; 14a; 15a; 29; 30	L7	"
Ø 90	05/09/2013	52	27	L6	"
Ø 100	03/10/2013	72	37; 38; 39; 40	L10	LNEC
Ø 100	03/10/2013	72	43; 44; 45; 46	L12	"
Ø 100	03/10/2013	69	49; 50; 51; 52	L14	"
Ø 100	11/10/2013	80	7a; 8a; 41;42	L11	"
Ø 100	11/10/2013	77	9a; 16a; 47; 48	L13	"
Ø 100	11/10/2013	77	17a; 18a; 53; 54	L15	"
Ø 100	11/10/2013	80	65; 66; 67; 68	L18	"
Ø 100	11/10/2013	77	69; 70; 71; 72	L19	"
Ø 90	31/10/2013	104	61; 62; 63; 64	L17	"
Ø 90	31/10/2013	108	25; 26; 28	L6	"
Ø 90	31/10/2013	94	73; 74; 75; 76	L20	"
Ø 90	31/10/2013	94	77; 78	L21	"
Ø 90	31/10/2013	104	35; 36	L9	"
Ø 90	31/10/2013	104	31; 32; 33; 34	L8	"
Ø 70	31/10/2013	114	13;14; 16; 18	L3	"

Quadro 3.6- Carotagem 2ª fase

Ø Carote (mm)	Extração (Dia)	Idade na extração (Dias)	Designação da carote	Origem lajeta	Observações Local de extração
Ø 100	26/11/2013	130	Cc1	L8	LNEC
Ø 100	26/11/2013	134	Cc2	L6	"
Ø 100	26/11/2013	120	Cc3	L21	"
Ø 100	26/11/2013	120	Cc4	L21	"
Ø 100	26/11/2013	120	Cc5	L21	"
Ø 100	26/11/2013	134	Cc6	L5	"
Ø 100	26/11/2013	130	Cc7	L9	"
Ø 100	26/11/2013	120	Cc8	L20	"
Ø 88	26/11/2013	123	Cc9	L13	"
Ø 88	26/11/2013	123	Cc10	L15	"
Ø 88	26/11/2013	123	Cc11	L14	"
Ø 88	26/11/2013	126	Cc12	L10	"
Ø 88	26/11/2013	126	Cc13	L18	"
Ø 88	26/11/2013	123	Cc14	L19	"
Ø 88	26/11/2013	130	Cc15	L17	"
Ø 67	26/11/2013	140	Cc16	L1A	"
Ø 67	26/11/2013	140	Cc17	L1A	"
Ø 67	26/11/2013	140	Cc18	L1A	"

Em baixo varias imagens do equipamento de carotagem e carotes extraídas.



Figura 3.24 – Caroteadora- Laboratório U.E



Figura 3.25 – Caroteadora- LNEC

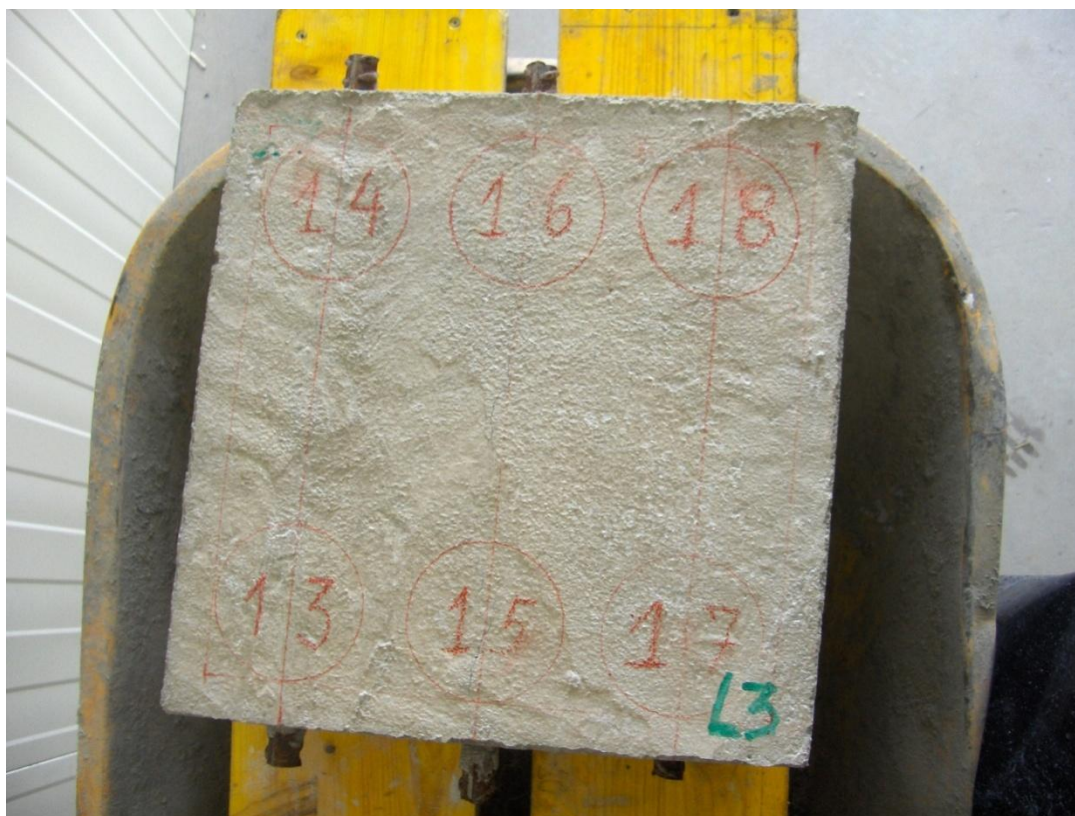


Figura 3.26 – Lajeta L3 e carotes por extrair de 13 a 17



Figura 3.27 – Carotes Ø70mm, nº 55 a 59



Figura 3.28 – Carotes submersas em água até ensaio

3.12-Ensaio no betão em estado endurecido

3.12.1-Ensaio de resistência a compressão

O objetivo deste ensaio é a determinação da capacidade resistente dos diferentes betões quando comprimidos com tensão uniforme. Para tal, submetem-se os provetes até à rotura e regista-se a carga última a que resistem.

Foi seguida a metodologia de ensaio especificada pela norma NP EN 12390-3 [11] “Ensaio ao betão endurecido - Parte 3: Resistência à compressão dos provetes de ensaio.

Os aspetos concernentes à geometria e dimensões dos provetes de ensaio encontram-se descritos na NP EN 12390-1 [9] “Ensaio ao betão endurecido - Parte 1: Forma, dimensões e outros requisitos para o ensaio de provetes e moldes”.

O ensaio é realizado sobre provetes cúbicos de 150 mm de aresta e carotes com vários diâmetros e alturas, com idades não inferior a 28 dias de idade.

As carotes são de diferentes diâmetros e alturas e a maioria contém armaduras. Retiram-se das tinas onde estavam imersas até 48 h antes do ensaio, após retirar as carotes da água passa-se na superfície com um pano seco para retirar a humidade superficial, seguidamente são pesados e medidos.

Foi utilizada uma prensa hidráulica de 4 colunas marca Form-Test, com velocidade de carregamento controlável, de acordo com a norma NP EN 12390-4 [17].

Após o ensaio de cada provete, deve avaliar-se a configuração de rotura do mesmo, de modo a avaliar se esta é satisfatória ou não satisfatória conforme estipulado pela norma NP EN 12390-3 [11].

A resistência à compressão de cada provete resulta da expressão:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

em que,

f_c - é a resistência à compressão, em MPa (N/mm²);

F - é a carga máxima, em N;

A_c - área da secção transversal do provete na qual a força de compressão foi aplicada, em (mm²).



Figura 3.29 – Prensa hidráulica



Figura 3.30 – Prensa hidráulica-Verificações



Figura 3.31 –Carotes para ensaio



Figura 3.32 – Carotes após ensaio de compressão



Figura 3.33 – Cubos após ensaio de compressão

4-APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1-Introdução

Este capítulo contém os resultados obtidos nos ensaios realizados durante a campanha experimental e descritos no capítulo anterior.

4.2-Ensaio ao betão no estado fresco

4.2.1-Ensaio de abaixamento

Como se disse este ensaio indica a trabalhabilidade do betão diretamente relacionado com a relação água/cimento e com adjuvantes utilizados nomeadamente plastificantes.

Os sucessivos ensaios feitos nas diversas amassaduras permitem avaliar a regularidade da trabalhabilidade do betão.

Os quadros 4.1 e 4.2 abaixo indicam informações sobre as amassaduras e os valores da consistência.

Quadro 4.1- Informações sobre as amassaduras

Amassadura		Identificação da amostra	Colheita		Plastificante	Máxima dimensão do inerte	Água	Dosagem de ligante	Razão água/ligante
Ordem	Volume - m ³	Lajes	Data	Hora	L	mm	L	Kg	--
1 ^a	0,070	L1;L1A;L2;L3	09/07/13	11:00	0,170	21,58	11	22,4	0,49
2 ^a	0,070	L4;L5;L6;L16	15/07/13	11:00	0,170	21,58	11	22,4	0,49
3 ^a	0,070	L7;L8;L9;L17	19/07/13	11:00	0,170	21,58	11	22,4	0,49
4 ^a	0,070	L10;L11;L12;L18	23/07/13	11:00	0,170	21,58	11	22,4	0,49
5 ^a	0,070	L13;L14;L15;L19	26/07/13	10:30	0,170	21,58	11	22,4	0,49
6 ^a	0,040	L20;L21	29/07/13	15:00	0,100	21,58	6,4	12,8	0,50

Quadro 4.2- Abaixamento do betão

Amassadura		Identificação da amostra	Correlação com provetes de controlo	Consistência	Tipo de abaixamento	Medição do abaixamento	Temperatura interior
Ordem	Volume (m ³)	Lajes	Provetes	Tipo	Verd./Falso	cm	°C
1ª	0,070	L1;L1A;L2;L3	1;2;3	Mole	Verdadeiro	12,0	25
2ª	0,070	L4;L5;L6;L16	4;5;6	Mole	Verdadeiro	10,0	25
3ª	0,070	L7;L8;L9;L17	7;8;9	Mole	Verdadeiro	11,5	25
4ª	0,070	L10;L11;L12;L18	10;11;12	Mole	Verdadeiro	10,0	22
5ª	0,070	L13;L14;L15;L19	13;14;15	Mole	Verdadeiro	12,0	22
6ª	0,040	L20;L21	16;17;18	Mole	Verdadeiro	10,5	30

4.3-Ensaio ao betão no estado endurecido

Os ensaios ao betão no estado endurecido, são unicamente ensaios de resistência à compressão, efetuados em provetes de controlo e carotes sem e com armadura e com $h=d$ e $h \neq d$

4.3.1-Ensaio de resistência a compressão

4.3.1.1-Ensaio de resistência à compressão de provetes de controlo

Estes ensaios efetuados em cubos com 15 cm de aresta, como já se disse foram efetuados em número de três por amassadura, os resultados são também apresentados por amassadura e com correlação às carotes.

AMASSADURA Nº1

AMOSTRA REFERENTE A:

Quadro 4.3 - Provetes de controlo 1 a 3

Lajeta-L1	Carotes :1; 2; 3; 4; 5; 6
Lajeta-L1A	Carotes :1a; 12a; 3a
Lajeta-L2	Carotes :7; 8; 9; 10; 11; 12
Lajeta-L3	Carotes :13; 14; 15; 16; 17; 18

RESULTADO DO ENSAIO:

Referência dos Provetes	Data de Fabrico	Data de Ensaio	Peso dos Provetes (kg)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Carga de Rotura (kN)	Tensão (f_c) (MPa)
1	09/07/2013	22/11/2013	7,986	2370	1382	61,4*
2	09/07/2013	22/11/2013	7,898	2340	1123	49,9
3	09/07/2013	22/11/2013	7,809	2310	955	42,4*

*-ROTURA NÃO SATISFATÓRIA DO PROVETE

AMASSADURA Nº2

AMOSTRA REFERENTE A:

Quadro 4.4 - Provetes de controlo 4 a 6

Lajeta-L4	Carotes :19; 20; 21; 22; 4a
Lajeta-L5	Carotes :5a; 6a; 23, 24
Lajeta-L6	Carotes :25; 26; 27; 28
Lajeta-L16	Carotes :55; 56; 57, 58; 59; 60

RESULTADO DO ENSAIO:

Referência dos Provetes	Data de Fabrico	Data de Ensaio	Peso dos Provetes (kg)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Carga de Rotura (kN)	Tensão (f_c) (MPa)
4	15/07/2013	22/11/2013	8,089	2400	1214	54,0
5	15/07/2013	22/11/2013	7,848	2330	1285	57,1
6	15/07/2013	22/11/2013	8,043	2380	936	41,6*

*-ROTURA NÃO SATISFATÓRIA DO PROVETE

AMASSADURA Nº3

AMOSTRA REFERENTE A:

Quadro 4.5 - Provetes de controlo 7 a 9

Lajeta-L7	Carotes :13a; 14a; 15a; 29; 30
Lajeta-L8	Carotes :31; 32; 33, 34
Lajeta-L9	Carotes :10a; 11a; 2a; 35, 36
Lajeta-L17	Carotes :61;62;63;64

RESULTADO DO ENSAIO:

Referência dos Provetes	Data de Fabrico	Data de Ensaio	Peso dos Provetes (kg)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Carga de Rotura (kN)	Tensão (f_c) (MPa)
7	19/07/2013	22/11/2013	7,909	2340	1140,0	50,7
8	19/07/2013	22/11/2013	7,820	2320	1099,0	48,8
9	19/07/2013	22/11/2013	8,115	2400	971,0	43,2

AMASSADURA Nº4

AMOSTRA REFERENTE A:

Quadro 4.6 - Provetes de controlo 10 a 12

Lajeta-L10	Carotes :37; 38; 39; 40
Lajeta-L11	Carotes :7a; 8a; 41; 42
Lajeta-L12	Carotes :43; 44; 45; 46
Lajeta-L18	Carotes :65; 66; 67; 68

RESULTADO DO ENSAIO:

Referência dos Provetes	Data de Fabrico	Data de Ensaio	Peso dos Provetes (kg)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Carga de Rotura (kN)	Tensão (f_c) (MPa)
10	23/07/2013	22/11/2013	8,110	2400	898,0	39,9*
11	23/07/2013	22/11/2013	7,950	2360	1129,0	50,2
12	23/07/2013	22/11/2013	8,093	2400	1297,0	57,6

*-ROTURA NÃO SATISFATÓRIA DO PROVETE

AMASSADURA Nº5

AMOSTRA REFERENTE A:

Quadro 4.7 - Provetes de controlo 13 a 15

Lajeta-L13	Carotes :9a; 16a; 47, 48
Lajeta-L14	Carotes :49; 50; 51, 52
Lajeta-L15	Carotes :17a; 18a; 53, 54
Lajeta-L19	Carotes :69; 70; 71; 72

RESULTADO DO ENSAIO:

Referência dos Provetes	Data de Fabrico	Data de Ensaio	Peso dos Provetes (kg)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Carga de Rotura (kN)	Tensão (f_c) (MPa)
13	26/07/2013	22/11/2013	8,112	2400	833,0	37*
14	26/07/2013	22/11/2013	8,128	2410	1191,0	52,9
15	26/07/2013	22/11/2013	7,969	2360	1075,0	47,8

*-ROTURA NÃO SATISFATÓRIA DO PROVETE

AMASSADURA Nº6

AMOSTRA REFERENTE A:

Quadro 4.8 - Provetes de controlo 16 a 18

Lajeta-L20	Carotes :73; 74; 75; 76
Lajeta-L21	Carotes :77; 78

RESULTADO DO ENSAIO:

Referência dos Provetes	Data de Fabrico	Data de Ensaio	Peso dos Provetes (kg)	Massa Volúmica (kg/m ³)	Carga de Rotura (kN)	Tensão (f_c) (MPa)
16	29/07/2013	22/11/2013	7,917	2350	1116,0	49,6
17	29/07/2013	22/11/2013	8,075	2390	1270,0	56,4
18	29/07/2013	22/11/2013	8,070	2390	810,0	36,0*

*-ROTURA NÃO SATISFATÓRIA DO PROVETE

4.3.1.2-Ensaio de resistência à compressão, em carotes sem armadura -1ª fase

Quadro 4.10- Carotes sem armadura com $h=d$ e $h \neq d$

CAROTES SEM ARMADURA									
Ensaio/ carote (nº)	Lajeta- origem	Diâmetro da carote retificada (d)-mm	Comprimento da carote retificada (h)-mm	Massa (kg)	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade da carote (dias)	Carga de rotura (kN)	Tensão de rotura (MPa)
1a	L1A	67	67	0,564	09-07-2013	22-11-2013	136	194	55,0
2a	L9	67	140	1,159	09-07-2013	22-11-2013	136	128	55,3
3a	L1A	67	67	0,562	09-07-2013	22-11-2013	136	209	59,3
4a	L4	88	88	1,303	15-07-2013	22-11-2013	130	420	69,1
5a	L5	88	88	1,300	15-07-2013	22-11-2013	130	426	70,0
6a	L5	88	88	1,301	15-07-2013	22-11-2013	130	382	62,8
7a	L11	100	70	1,312	23-07-2013	22-11-2013	122	422	53,7
8a	L11	100	70	1,301	23-07-2013	22-11-2013	122	496	63,2
9a	L13	100	70	1,296	26-07-2013	22-11-2013	119	421	53,6
10a	L9	67	140	1,147	19-07-2013	22-11-2013	126	125	35,5
11a	L9	67	140	1,161	19-07-2013	22-11-2013	126	148	42,0
12a	L1A	67	67	0,554	19-07-2013	22-11-2013	126	195	36,3
13a	L7	88	140	2,009	19-07-2013	22-11-2013	126	288	47,4
14a	L7	88	140	2,022	19-07-2013	22-11-2013	126	287	47,2
15a	L7	88	140	2,047	19-07-2013	22-11-2013	126	325	53,4
16a	L13	100	140	2,608	26-07-2013	22-11-2013	119	325	41,4
17a	L15	100	140	2,617	26-07-2013	22-11-2013	119	350	44,6
18a	L15	100	140	2,612	26-07-2013	22-11-2013	119	338	43,0

4.3.1.3-Ensaio de resistência à compressão, em carotes com armadura-1ªfase

Quadro 4.11- Carotes com armadura com $h=d$ e $h \neq d$, com uma única e múltiplas armaduras

CAROTES COM ARMADURA- (com uma única armadura)									
Ensaio/ carote (nº)	Lajeta origem	Diâmetro da carote retificada (d)-mm	Comprimento da carote retificada (h)-mm	Massa (kg)	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade da carote (dias)	Carga de rotura (kN)	Tensão de rotura (MPa)
1	L1	67	70	2,40	09-07-2013	22-11-2013	136	130	36,9
2	L1	67	140	2,34	09-07-2013	22-11-2013	136	107	30,3
3	L1	67	70	2,41	09-07-2013	22-11-2013	136	152	43,1
4	L1	67	140	2,35	09-07-2013	22-11-2013	136	109	30,9
5	L1	67	100	2,39	09-07-2013	22-11-2013	136	120	34,0
6	L1	67	140	2,34	09-07-2013	22-11-2013	136	113	32,0
7	L2	67	70	2,44	09-07-2013	22-11-2013	136	123	34,9
8	L2	67	140	2,37	09-07-2013	22-11-2013	136	102	28,9
9	L2	67	70	2,50	09-07-2013	22-11-2013	136	152	43,1
10	L2	67	140	2,37	09-07-2013	22-11-2013	136	98,5	27,9
11	L2	67	100	2,44	09-07-2013	22-11-2013	136	114	32,3
12	L2	67	140	2,41	09-07-2013	22-11-2013	136	111	31,5
13	L3	67	70	2,75	09-07-2013	22-11-2013	136	110	31,2
14	L3	67	140	2,59	09-07-2013	22-11-2013	136	100	28,4
15	L3	67	70	2,69	09-07-2013	22-11-2013	136	111	31,5
16	L3	67	140	2,62	09-07-2013	22-11-2013	136	102	28,9
17	L3	67	100	2,58	09-07-2013	22-11-2013	136	126	35,7
18	L3	67	140	2,61	09-07-2013	22-11-2013	136	107	30,3
19	L4	88	70	2,45	15-07-2013	22-11-2013	130	394	64,8
20	L4	88	140	2,43	15-07-2013	22-11-2013	130	286	47,0

CAROTES COM ARMADURA- (com uma única armadura) (cont.)									
Ensaio/ carote (nº)	Lajeta origem	Diâmetro da carote retificada (d)-mm	Comprimento da carote retificada (h)-mm	Massa (kg)	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade da carote (dias)	Carga de rotura (kN)	Tensão de rotura (MPa)
21	L4	88	70	2,44	15-07-2013	22-11-2013	130	384	63,1
22	L4	88	140	2,40	15-07-2013	22-11-2013	130	286	47,0
23	L5	88	100	2,44	15-07-2013	22-11-2013	130	366	60,2
24	L5	88	140	2,40	15-07-2013	22-11-2013	130	293	48,2
25	L6	88	70	2,52	15-07-2013	22-11-2013	130	340	55,9
26	L6	88	140	2,47	15-07-2013	22-11-2013	130	276	45,4
27	L6	88	70	2,49	15-07-2013	22-11-2013	130	341	56,1
28	L6	88	140	2,48	15-07-2013	22-11-2013	130	288	47,4
29	L7	88	100	2,42	19-07-2013	22-11-2013	126	301	49,5
30	L7	88	140	2,43	19-07-2013	22-11-2013	126	275	45,2
31	L8	88	70	2,58	19-07-2013	22-11-2013	126	260	42,7
32	L8	88	140	2,47	19-07-2013	22-11-2013	126	213	35,0
33	L8	88	70	2,57	19-07-2013	22-11-2013	126	254	41,8
34	L8	88	140	2,49	19-07-2013	22-11-2013	126	216	35,5
35	L9	88	100	2,48	19-07-2013	22-11-2013	126	249	40,9
36	L9	88	140	2,45	19-07-2013	22-11-2013	126	220	36,2
37	L10	100	70	2,43	23-07-2013	22-11-2013	122	462	58,8
38	L10	100	100	2,42	23-07-2013	22-11-2013	122	416	53,0
39	L10	100	70	2,45	23-07-2013	22-11-2013	122	531	67,6
40	L10	100	100	2,43	23-07-2013	22-11-2013	122	438	55,8
41	L11	100	100	2,37	23-07-2013	22-11-2013	122	414	52,7
42	L11	100	140	2,38	23-07-2013	22-11-2013	122	314	40,0
43	L12	100	70	2,49	23-07-2013	22-11-2013	122	505	64,3
44	L12	100	140	2,44	23-07-2013	22-11-2013	122	380	48,4
45	L12	100	70	2,50	23-07-2013	22-11-2013	122	496	63,2

CAROTES COM ARMADURA- (com uma única armadura) (cont.)									
Ensaio/ carote (nº)	Lajeta origem	Diâmetro da carote retificada (d)-mm	Comprimento da carote retificada (h)-mm	Massa (kg)	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade da carote (dias)	Carga de rotura (kN)	Tensão de rotura (MPa)
46	L12	100	140	2,44	23-07-2013	22-11-2013	122	371	47,2
47	L13	100	100	2,39	26-07-2013	22-11-2013	119	394	50,2
48	L13	100	140	2,39	26-07-2013	22-11-2013	119	333	42,4
49	L14	100	70	2,60	26-07-2013	22-11-2013	119	377	48,0
50	L14	100	100	2,54	26-07-2013	22-11-2013	119	368	46,9
51	L14	100	70	2,63	26-07-2013	22-11-2013	119	412	52,5
52	L14	100	100	2,54	26-07-2013	22-11-2013	119	360	45,8
53	L15	100	100	2,51	26-07-2013	22-11-2013	119	413	52,6
54	L15	100	140	2,46	26-07-2013	22-11-2013	119	369	47,0

CAROTES COM ARMADURA- (armaduras múltiplas)									
Ensaio/ carote (nº)	Lajeta origem	Diâmetro da carote retificada (d)-mm	Comprimento da carote retificada (h)-mm	Massa (kg)	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade da carote (dias)	Carga de rotura (kN)	Tensão de rotura (MPa)
55	L16	67	70	2,64	15-07-2013	22-11-2013	130	174	49,3
56	L16	67	140	2,52	15-07-2013	22-11-2013	130	132	37,4
57	L16	67	100	2,54	15-07-2013	22-11-2013	130	149	42,3
58	L16	67	140	2,53	15-07-2013	22-11-2013	130	165	46,8
59	L16	67	100	2,55	15-07-2013	22-11-2013	130	155	44,0
60	L16	67	140	2,53	15-07-2013	22-11-2013	130	154	43,7
61	L17	88	70	2,54	19-07-2013	22-11-2013	126	281	46,2
62	L17	88	140	2,47	19-07-2013	22-11-2013	126	241	39,6
63	L17	88	100	2,49	19-07-2013	22-11-2013	126	284	46,7

CAROTES COM ARMADURA- (armaduras múltiplas) (cont.)									
Ensaio/ carote (nº)	Lajeta origem	Diâmetro da carote retificada (d)-mm	Comprimento da carote retificada (h)-mm	Massa (kg)	Data de fabrico	Data de ensaio	Idade da carote (dias)	Força de rotura (kN)	Tensão de rotura (MPa)
64	L17	88	140	2,44	19-07-2013	22-11-2013	126	216	35,5
65	L18	100	100	2,49	23-07-2013	22-11-2013	122	423	53,9
66	L18	100	140	2,44	23-07-2013	22-11-2013	122	386	49,1
67	L18	100	70	2,54	23-07-2013	22-11-2013	122	485	61,8
68	L18	100	140	2,47	23-07-2013	22-11-2013	122	383	48,8
69	L19	100	100	2,48	26-07-2013	22-11-2013	119	398	50,7
70	L19	100	140	2,42	26-07-2013	22-11-2013	119	279	35,5
71	L19	100	100	2,47	26-07-2013	22-11-2013	119	392	49,9
72	L19	100	140	2,42	26-07-2013	22-11-2013	119	329	41,9
73	L20	88	100	2,58	29-07-2013	22-11-2013	116	265	43,6
74	L20	88	140	2,53	29-07-2013	22-11-2013	116	219	36,0
75	L20	88	100	2,59	29-07-2013	22-11-2013	116	269	44,2
76	L20	88	140	2,55	29-07-2013	22-11-2013	116	253	40,6
77	L21	88	100	2,59	29-07-2013	22-11-2013	116	300	49,3
78	L21	88	140	2,51	29-07-2013	22-11-2013	116	254	41,8

Nota: A idade das carotes é calculada desde o dia de fabrico até ao dia do ensaio.

4.3.1.4-Ensaio de resistência à compressão, em carotes sem armadura, com $h=d$ – 2ª fase

Dado que os resultados em provetes moldados apresentaram valores com elevada dispersão, e tendo em consideração que algumas roturas dos provetes foram consideradas não satisfatórias, julgou-se necessário aumentar a campanha de ensaios em carotes sem armaduras. Assim, este ensaio foi realizado por necessidade de se apurarem mais resultados, recorrendo-se ao espaço ainda disponível para extração nas lajes de betão, após o final da 1ª fase.

Quadro 4.12- Carotes sem armadura com $h=d$, 2ª fase

Identificação do provete	Diâmetro da carote rectificada (d)-mm	Data			Idade da carote (dias)	Índice vazios (%)	Secção (mm ²)	Massa (kg)	Massa volúmica (kg/m ³)	Rotura		Lajeta origem
		Extração	Fabrico	Ensaio						Força (kN)	Tensão (Mpa)	
Cc1	100	26-11-2013	19-07-2013	28-11-2013	132	0,5	7854	1,845	2350	491	62,5	L8
Cc2	100	26-11-2013	15-07-2013	28-11-2013	136	0,5	7854	1,850	2360	546	69,5	L6
Cc3	100	26-11-2013	29-07-2013	28-11-2013	122	0,5	7854	1,855	2360	446	56,8	L21
Cc4	100	26-11-2013	29-07-2013	29-11-2013	123	1,0	7854	1,829	2330	389	49,5	L21
Cc5	100	26-11-2013	29-07-2013	29-11-2013	123	1,0	7854	1,837	2340	391	49,8	L21
Cc6	100	26-11-2013	15-07-2013	29-11-2013	137	1,0	7854	1,840	2340	499	63,5	L5

(cont.)												
Identificação do provete	Diâmetro da carote rectificada (d)-mm	Data			Idade da carote (dias)	Índice vazios (%)	Secção (mm ²)	Massa (kg)	Massa volúmica (kg/m ³)	Rotura		Lajeta origem
		Extração	Fabrico	Ensaio						Força (kN)	Tensão (MPa)	
Cc7	100	26-11-2013	19-07-2013	29-11-2013	133	1,5	7854	1,800	2290	377	48,0	L9
Cc8	100	26-11-2013	29-07-2013	29-11-2013	123	0,5	7854	1,859	2370	437	55,6	L20
Cc9	88	26-11-2013	26-07-2013	29-11-2013	126	0,5	6082	1,308	2440	317	52,1	L13
Cc10	88	26-11-2013	26-07-2013	29-11-2013	126	0,5	6082	1,314	2460	344	56,6	L15
Cc11	88	26-11-2013	26-07-2013	29-11-2013	126	0,5	6082	1,315	2460	345	56,7	L14
Cc12	88	26-11-2013	23-07-2013	29-11-2013	129	1,0	6082	1,308	2440	371	61,0	L10
Cc13	88	26-11-2013	23-07-2013	29-11-2013	129	0,5	6082	1,319	2460	404	66,4	L18
Cc14	88	26-11-2013	26-07-2013	29-11-2013	126	0,5	6082	1,311	2450	347	57,1	L19
Cc15	88	26-11-2013	19-07-2013	29-11-2013	133	1,0	6082	1,305	2440	376	61,8	L17
Cc16	67	26-11-2013	09-07-2013	29-11-2013	143	1,0	3526	0,560	2370	180	51,0	L1A
Cc17	67	26-11-2013	09-07-2013	29-11-2013	143	1,0	3526	0,555	2350	143	40,6	L1A
Cc18	67	26-11-2013	09-07-2013	29-11-2013	143	0,5	3526	0,560	2370	176	49,9	L1A

Nota: Os provetes foram preparados com o $\varnothing=h$; A idade das carotes é calculada desde o dia de fabrico até ao dia do ensaio.

4.4-Resultados

No presente capítulo apresentam-se os resultados obtidos, assim como a análise dos mesmos.

4.4.1.-Carotes com $h=d$ e $h \neq d$, sem armaduras

No quadro seguinte apresenta-se o valor da resistência à compressão das carotes com altura igual ao diâmetro e o valor da resistência à compressão corrigido de carotes com altura diferente do diâmetro, dentro da mesma laje de betão.

O efeito da forma, para $h=d$, foi feita atendendo ao indicado na bibliografia para a variação da resistência com a razão h/d . Uma vez que as expressões indicadas variam, adotou-se uma expressão intermédia que melhor se adapta aos resultados dos ensaios realizados em carotes com diferentes alturas, e que se traduz pela expressão seguinte: $1+[(h/d-1)/1,1] \times 0,2$ que traduz o fator multiplicativo das carotes com h/d maior que 1, para obter o correspondente valor nas carotes $h=d$.

No quadro 4.13, a designação fc_1 , fc_2 e fc_3 representam os valores individuais da resistência à compressão, em MPa, de cada carote, sendo 3 o número máximo de carotes disponível para uma mesma situação.

Quadro 4.13- Resultados de carotes sem armaduras

carotes						Carotes	carotes								Carotes
Sem armaduras e $h=d-2^{\text{a}}$ fase						h=d	Sem armaduras e $h=\text{variável-1}^{\text{a}}$ fase								h=d
Diâmetro	lajeta	fc1	fc2	fc3	n	média	Diâmetro	altura	fc1	fc2	fc3	média	h/d	fator maj.	média-corr
	L1				0										
	L2				0										
	L3				0										
	L4				0		88	88	69,1			69,1	1,0	1,00	69,1
100	L5	63,5			1	63,5	88	88	70,0	62,8		66,4	1,0	1,00	66,4
100	L6	69,5			1	69,5									
	L7				0		88	140	47,4	47,2	53,4	49,3	1,6	1,12	55,2
100	L8	62,5			1	62,5									
100	L9	48,0			1	48,0	67	140	36,3	35,5	42,0	37,9	2,1	1,22	46,2
88	L10	61,0			1	61,0									
	L11				0										
	L12				0										
88	L13	52,1			1	52,1	100	140	41,4			41,4	1,4	1,08	44,7
88	L14	56,7			1	56,7									
88	L15	56,6			1	56,6	100	140	44,6	43,0		43,8	1,4	1,08	47,3
	L16				0										
88	L17	61,8			1	61,8									
88	L18	66,4			1	66,4									
88	L19	57,1			1	57,1									
100	L20	55,6			1	55,6									
100	L21	56,8	49,5	49,8	3	52,0									
	média					58,7									54,8

4.4.2- Provetes de controlo

No quadro 4.14 apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios realizados sobre os provetes cúbicos de controlo. Neste quadro, as primeiras 7 colunas dizem respeito a todos os provetes ensaiados e as restantes colunas unicamente aos provetes que foram considerados sem qualquer anomalia, ou seja, uma seleção dos primeiros, procurando eliminar os resultados que não representam a qualidade o betão. Esta seleção foi feita atendendo ao tipo de rotura e à dispersão dos 3 resultados de cada situação, expressa pelo desvio padrão (dp) e pelos valores individuais obtidos.

Quadro 4.14- Resultados de cubos de controlo

Cubos de 15x15												
lajeta	cubos				n	cubos média	dp	cubos sem aberrantes			n	selecionados média
	1	2	3	1				2	3			
L1	42,4	49,9	61,4	3	51,2	9,6		49,9			2	49,9
L2	42,4	49,9	61,4	3	51,2	9,6		49,9			2	49,9
L3	42,4	49,9	61,4	3	51,2	9,6		49,9			2	49,9
L4	54,0	57,1	41,6	3	50,9	8,2	54,0	57,1			2	55,6
L5	54,0	57,1	41,6	3	50,9	8,2	54,0	57,1			2	55,6
L6	54,0	57,1	41,6	3	50,9	8,2	54,0	57,1			2	55,6
L7	50,7	48,8	43,2	3	47,6	3,9	50,7	48,8	43,2		3	47,6
L8	50,7	48,8	43,2	3	47,6	3,9	50,7	48,8	43,2		3	47,6
L9	50,7	48,8	43,2	3	47,6	3,9	50,7	48,8	43,2		3	47,6

Cubos de 15x15 (cont)												
lajeta	cubos				n	cubos média	dp	cubos sem aberrantes				selecionados média
	1	2	3					1	2	3	n	
L10	39,9	50,2	57,6		3	49,2	8,9		50,2	57,6	2	53,9
L11	39,9	50,2	57,6		3	49,2	8,9		50,2	57,6	2	53,9
L12	39,9	50,2	57,6		3	49,2	8,9		50,2	57,6	2	53,9
L13	37,0	52,9	47,8		3	45,9	8,1		52,9	47,8	2	50,4
L14	37,0	52,9	47,8		3	45,9	8,1		52,9	47,8	2	50,4
L15	37,0	52,9	47,8		3	45,9	8,1		52,9	47,8	2	50,4
L16	54,0	57,1	41,6		3	50,9	8,2	54,0	57,1		2	55,6
L17	50,7	48,8	43,2		3	47,6	3,9	50,7	48,8	43,2	3	47,6
L18	39,9	50,2	57,6		3	49,2	8,9		50,2	57,6	2	53,9
L19	37,0	52,9	47,8		3	45,9	8,1		52,9	47,8	2	50,4
L20	49,6	56,4	36,0		3	47,3	10,4	49,6	56,4		2	53,0
L21	49,6	56,4	36,0		3	47,3	10,4	49,6	56,4		2	53,0
média						48,7						51,7

4.4.3-Carotes com armaduras incorporadas

No quadro 4.15 apresentam-se as carotes que incorporavam armaduras. Na 1ª coluna encontra-se a lajeta correspondente, sendo as seguintes 6 colunas dedicadas à identificação das carotes extraídas dessa lajeta, num máximo de 6 (colunas: a - f). As remanescentes 6 colunas (h/d-a – h/d-f) apresentam as respetivas relações h/d.

Quadro 4.15 - Identificação das carotes pela lajeta e relação da forma h/d

Carotes com armaduras												
lajeta	carotes com armaduras						relação da forma					
	a	b	c	d	e	f	h/d-a	h/d-b	h/d-c	h/d-d	h/d-e	h/d-f
L1	1	2	3	4	5	6	1,04	2,09	1,04	2,09	1,49	2,09
L2	7	8	9	10	11	12	1,04	2,09	1,04	2,09	1,49	2,09
L3	13	14	15	16	17	18	1,04	2,09	1,04	2,09	1,49	2,09
L4	19	20	21	22			0,80	1,59	0,80	1,59		
L5	23	24					1,14	1,59				
L6	25	26	27	28			0,80	1,59	0,80	1,59		
L7	29	30					1,14	1,59				
L8	31	32	33	34			0,80	1,59	0,80	1,59		
L9	35	36					1,14	1,59				
L10	37	38	39	40			0,70	1,00	0,70	1,00		
L11	41	42					1,00	1,40				
L12	43	44	45	46			0,70	1,40	0,70	1,40		
L13	47	48					1,00	1,40				
L14	49	50	51	52			0,70	1,00	0,70	1,00		
L15	53	54					1,00	1,40				
L16	55	56	57	58	59	60	1,04	2,09	1,49	2,09	1,49	2,09
L17	61	62	63	64			0,80	1,59	1,14	1,59		
L18	65	66	67	68			1,00	1,40	0,70	1,40		
L19	69	70	71	72			1,00	1,40	1,00	1,40		
L20	73	74	75	76			1,14	1,59	1,14	1,59		
L21	77	78					1,14	1,59				

No quadro 4.16 encontra-se os valores da resistência à compressão das carotes apresentadas no quadro 4.15. As primeiras 6 colunas (fc-a – fc-f) correspondem aos valores obtidos nos ensaios e as 6 últimas colunas (fm-a – fm-f) aos fatores corretivos resultantes da aplicação das expressões, fator majorativo = $1 + 1.5 \times [(\varphi_r/\varphi_c) \times (h/l)]$, para um varão ou para múltiplos varões, fator majorativo = $1 + 1.5 \times [\sum (\varphi_r \times h)/(\varphi_c \times l)]$, que têm em conta a presença de armaduras.

Onde:

φ_r = diâmetro do varão

φ_c = diâmetro da carote

h = distância do eixo do varão à face de compressão mais próxima

l = comprimento da carote depois de cortada e retificada

Quadro 4.16 - fc não corrigido e fator majorativo relativo às armaduras

Carotes com armaduras												
fc-não corrigido						n/corrigido	fator majorativo relativo à armadura					
fc-a	fc-b	fc-c	fc-d	fc-e	fc-f	media	fm-a	fm-b	fm-c	fm-d	fm-e	fm-f
36,9	30,3	43,1	30,9	34,0	32,0	34,5	1,023	1,014	1,044	1,022	1,036	1,062
34,9	28,9	43,1	27,9	32,3	31,5	33,1	1,048	1,024	1,080	1,042	1,056	1,106
31,2	28,4	31,5	28,9	35,7	30,3	31,0	1,056	1,033	1,123	1,067	1,090	1,169
64,8	47,0	63,1	47,0			55,5	1,020	1,008	1,037	1,015		
60,2	48,2					54,2	1,028	1,050				
55,9	45,4	56,1	47,4			51,2	1,037	1,015	1,066	1,028		

Carotes com armaduras (cont.)												
fc-não corrigido						n/corrigido	fator majorativo relativo à armadura					
fc-a	fc-b	fc-c	fc-d	fc-e	fc-f	media	fm-a	fm-b	fm-c	fm-d	fm-e	fm-f
49,5	45,2					47,4	1,043	1,082				
42,7	35,0	41,8	35,5			38,8	1,051	1,019	1,094	1,043		
40,9	36,2					38,6	1,071	1,129				
58,8	53,0	67,6	55,8			58,8	1,014	1,012	1,033	1,023		
52,7	40,0					46,4	1,021	1,041				
64,3	48,4	63,2	47,2			55,8	1,032	1,016	1,043	1,027		
50,2	42,4					46,3	1,036	1,070				
48,0	46,9	52,5	45,8			48,3	1,045	1,031	1,086	1,058		
52,6	47,0					49,8	1,060	1,111				
49,3	37,4	42,3	46,8	44,0	43,7	43,9	1,134	1,070	1,103	1,139	1,087	1,126
46,2	39,6	46,7	35,5			42,0	1,097	1,047	1,085	1,110		
53,9	49,1	61,8	48,8			53,4	1,062	1,089	1,079	1,042		
50,7	35,5	49,9	41,9			44,5	1,071	1,095	1,060	1,086		
43,6	36,0	44,2	40,6			41,1	1,109	1,127	1,090	1,116		
49,3	41,8					45,6	1,128	1,142				

No quadro 4.17 encontram-se os valores da resistência à compressão das carotes com armaduras, corrigidos da presença de armaduras (colunas fc-a – fc-f), bem como os fatores de correção devido à razão h/d, expressão já indicada em 4.4.1.

Quadro 4.17- f_c corrigido dos varões e fator majorativo relativo à forma

Carotes com armaduras											
fc-corrigido dos varões						fator h/d- fator de correção devido á forma					
fc-a	fc-b	fc-c	fc-d	fc-e	fc-f	a	b	c	d	e	f
37,7	30,7	45,0	31,6	35,2	34,0	1,01	1,20	1,01	1,20	1,09	1,20
36,6	29,6	46,5	29,1	34,1	34,8	1,01	1,20	1,01	1,20	1,09	1,20
33,0	29,3	35,4	30,8	38,9	35,4	1,01	1,20	1,01	1,20	1,09	1,20
66,1	47,4	65,4	47,7			0,96	1,11	0,96	1,11		
61,9	50,6					1,02	1,11				
57,9	46,1	59,8	48,7			0,96	1,11	0,96	1,11		
51,6	48,9					1,02	1,11				
44,9	35,7	45,7	37,0			0,96	1,11	0,96	1,11		
43,8	40,9					1,02	1,11				
59,6	53,6	69,9	57,1			0,95	1,00	0,95	1,00		
53,8	41,6					1,00	1,07				
66,4	49,2	65,9	48,5			0,95	1,07	0,95	1,07		
52,0	45,4					1,00	1,07				
50,1	48,4	57,0	48,4			0,95	1,00	0,95	1,00		
55,8	52,2					1,00	1,07				
55,9	40,0	46,7	53,3	47,8	49,2	1,01	1,20	1,09	1,20	1,09	1,20
50,7	41,5	50,7	39,4			0,96	1,11	1,02	1,11		
57,2	53,5	66,7	50,8			1,00	1,07	0,95	1,07		
54,3	38,9	52,9	45,5			1,00	1,07	1,00	1,07		
48,4	40,6	48,2	45,3			1,02	1,11	1,02	1,11		
55,6	47,8					1,02	1,11				

Nota: Os valores marcados a amarelo e inferiores à unidade não foram considerados.

Finalmente no quadro 4.18 encontram-se os valores da resistência à compressão corrigidos apenas da razão h/d da carote (primeiras 6 colunas) e os valores da resistência à compressão corrigidos de h/d e da presença de armaduras. As duas colunas identificadas como “média válida” representam as médias obtidas depois das resistências das carotes afetadas, dos respetivos fatores de correção, respetivamente da armadura e da forma.

Quadro 4.18- fc corrigido da forma e fc da forma e dos varões

Carotes com armaduras													
corrigido só de h/d							corrigido dos varões e de h/d						
fc-a	fc-b	fc-c	fc-d	fc-e	fc-f	média válida	fc-a	fc-b	fc-c	fc-d	fc-e	fc-f	média válida
37,2	36,3	43,5	37,0	37,0	38,3	38,2	38,1	36,8	45,4	37,8	38,4	40,7	39,5
35,2	34,6	43,5	33,4	35,2	37,7	36,6	36,9	35,5	46,9	34,8	37,2	41,7	38,8
31,5	34,0	31,8	34,6	38,9	36,3	34,5	33,2	35,2	35,7	36,9	42,4	42,4	37,6
62,4	52,0	60,8	52,0			52,0	63,7	52,5	63,0	52,8			52,6
61,7	53,4					57,5	63,4	56,0					59,7
53,8	50,3	54,0	52,5			51,4	55,8	51,0	57,6	54,0			52,5
50,7	50,1					50,4	52,9	54,1					53,5
41,1	38,8	40,2	39,3			39,0	43,2	39,5	44,0	41,0			40,3
41,9	40,1					41,0	44,9	45,2					45,1
55,6	53,0	63,9	55,8			54,4	56,4	53,6	66,0	57,1			55,4
52,7	42,9					47,8	53,8	44,7					49,2
60,8	51,9	59,8	50,6			51,3	62,7	52,8	62,3	52,0			52,4
50,2	45,5					47,8	52,0	48,7					50,3
45,4	46,9	49,6	45,8			46,4	47,4	48,4	53,9	48,4			48,4
52,6	50,4					51,5	55,8	56,0					55,9
49,7	44,8	46,1	56,1	47,9	52,4	49,5	56,4	48,0	50,8	63,9	52,1	59,0	55,0
44,5	43,9	47,9	39,3			43,7	48,8	45,9	51,9	43,6			47,2

Carotes com armaduras (cont.)													
corrigido só de h/d							corrigido dos varões e de h/d						
fc-a	fc-b	fc-c	fc-d	fc-e	fc-f	média válida	fc-a	fc-b	fc-c	fc-d	fc-e	fc-f	média válida
53,9	52,7	58,4	52,3			53,0	57,2	57,4	63,1	54,5			56,4
50,7	38,1	49,9	44,9			45,9	54,3	41,7	52,9	48,8			49,4
44,7	39,9	45,3	45,0			43,7	49,6	44,9	49,4	50,2			48,5
50,5	46,3					48,4	57,0	52,9					54,9

4.5-Análise de resultados

Após tratamento e correção dos valores obtidos, conforme apresentado atrás, é possível fazer uma análise dos valores obtidos, para tal recorreu-se a gráficos afim de melhor auxiliar essa análise. Na figura 4.1 apresenta-se a relação entre os resultados obtidos nos provetes cúbicos selecionados (valores médios) e os resultados nas carotes extraídas nas lajes onde o respetivo betão foi colocado (corrigidos para os valores correspondentes a $h=d$, nos casos em que as carotes não tinham essa relação entre a altura e o diâmetro).

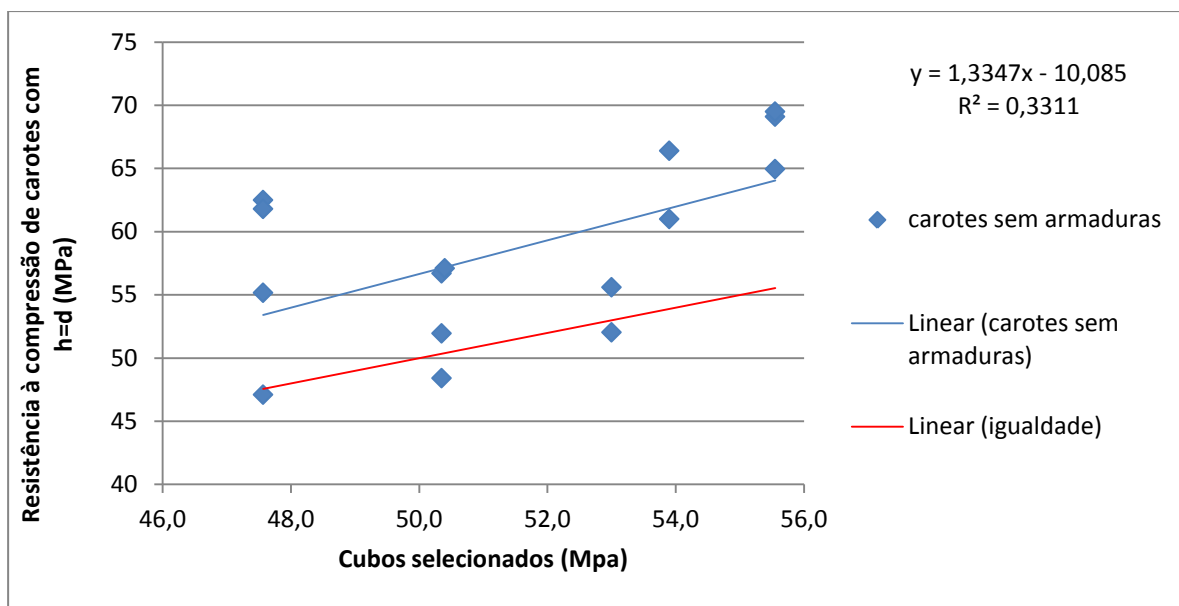


Figura 4.1 –Relação entre cubos selecionados e carotes sem armaduras

Como se pode observar há uma grande diferença entre a linha de igualdade, que refletiria a equivalência entre os resultados em cubos e em carotes sem armaduras.

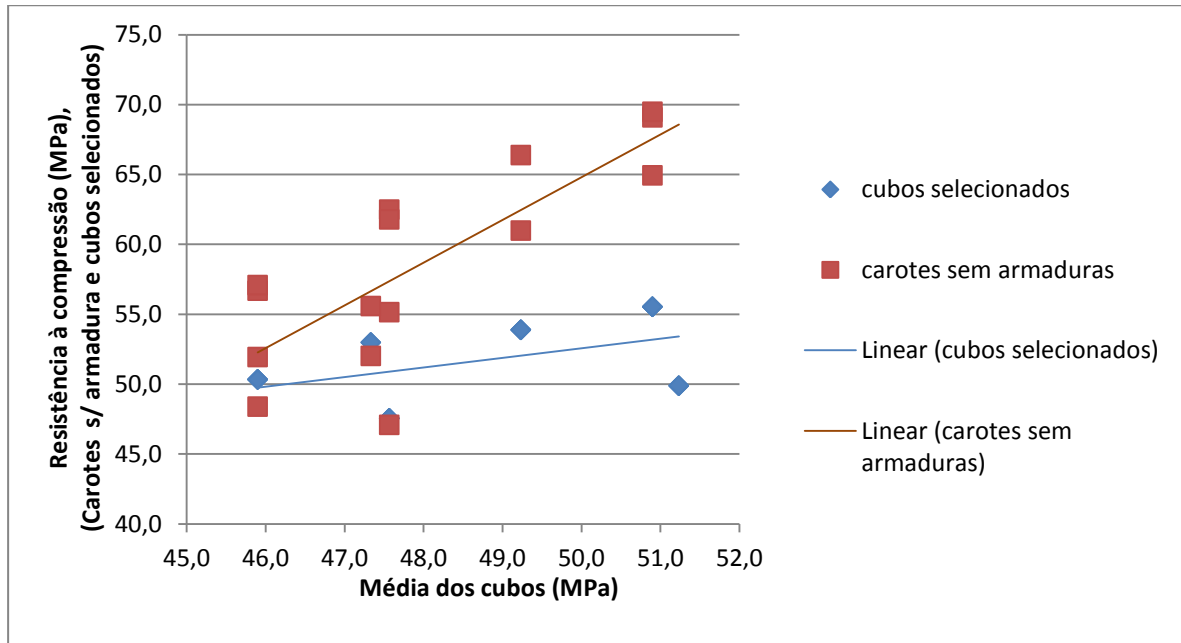


Figura 4.2 – Relação entre a média de todos os cubos, carotes sem armadura e cubos selecionados

Na figura 4.2, em que no eixo das abcissas se encontram os resultados das médias obtidas em todos os cubos ensaiados (sem seleção), apresentam-se os resultados das carotes sem armaduras e dos cubos selecionados. Este gráfico mostra uma melhor relação entre as carotes e a média de todos os cubos do que entre os cubos selecionados e a média dos cubos, evidenciando que a média dos cubos representa melhor o betão aplicado que os cubos selecionados.

Na figura 4.3 apresenta-se a relação entre os resultados das carotes extraídas sem correção da influência das armaduras (eixo das abcissas) e os resultados das carotes extraídas sem armaduras, nas mesmas lajes (eixo das ordenadas). Ambos os eixos representam resistências de carotes com altura igual ao diâmetro ($h=d$), sendo portanto todos os valores dos provetes $h \neq d$ corrigidos para o valor correspondente de $h=d$ mas os valores das abcissas não incluem qualquer correção devido à presença de armaduras.

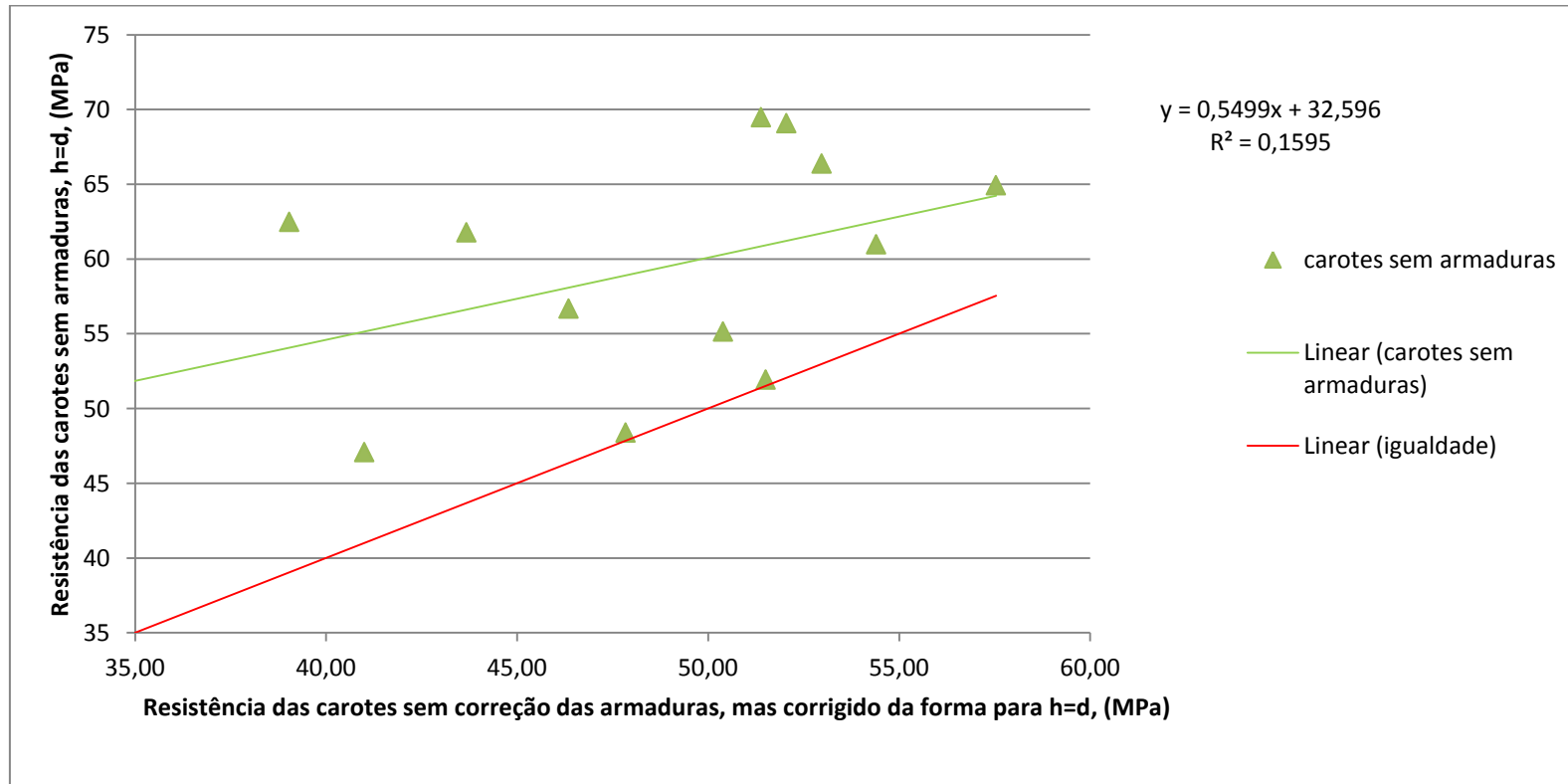


Figura 4.3 – Relação entre carotes sem armaduras e com armaduras, apenas corrigidas da forma

Aqui também se verifica que a divergência e dispersão são elevadas, mas observa-se que as carotes sem armadura apresentam uma resistência superior às carotes com armadura, estando todos os pontos acima da linha de igualdade, o que é concordante com o efeito que é suposto as armaduras terem, ou seja um efeito redutor da resistência.

Para analisar, se o efeito das armaduras na resistência do betão é concordante com a expressão indicada nos documentos consultados apresentada na secção 2.3.6.

Apresenta-se a figura 4.4 onde no eixo das abcissas se encontram os valores da resistência das carotes corrigidos quer da forma (para $h=d$), utilizando a expressão $[1+[(h/d-1)/1,1]x0,2]$, quer da presença de armaduras. Observa-se que os pontos se encontram mais próximos da linha da igualdade, mas a estimativa dada pela linha de tendência apresenta menor coeficiente R e maior diferença de inclinação relativamente à linha de igualdade, o que mostra que a correção efetuada pela presença das armaduras não teve efeitos positivos na estimativa da resistência do betão. Efetivamente, os pontos encontrados mais sugerem uma nuvem de valores do que uma verdadeira tendência.

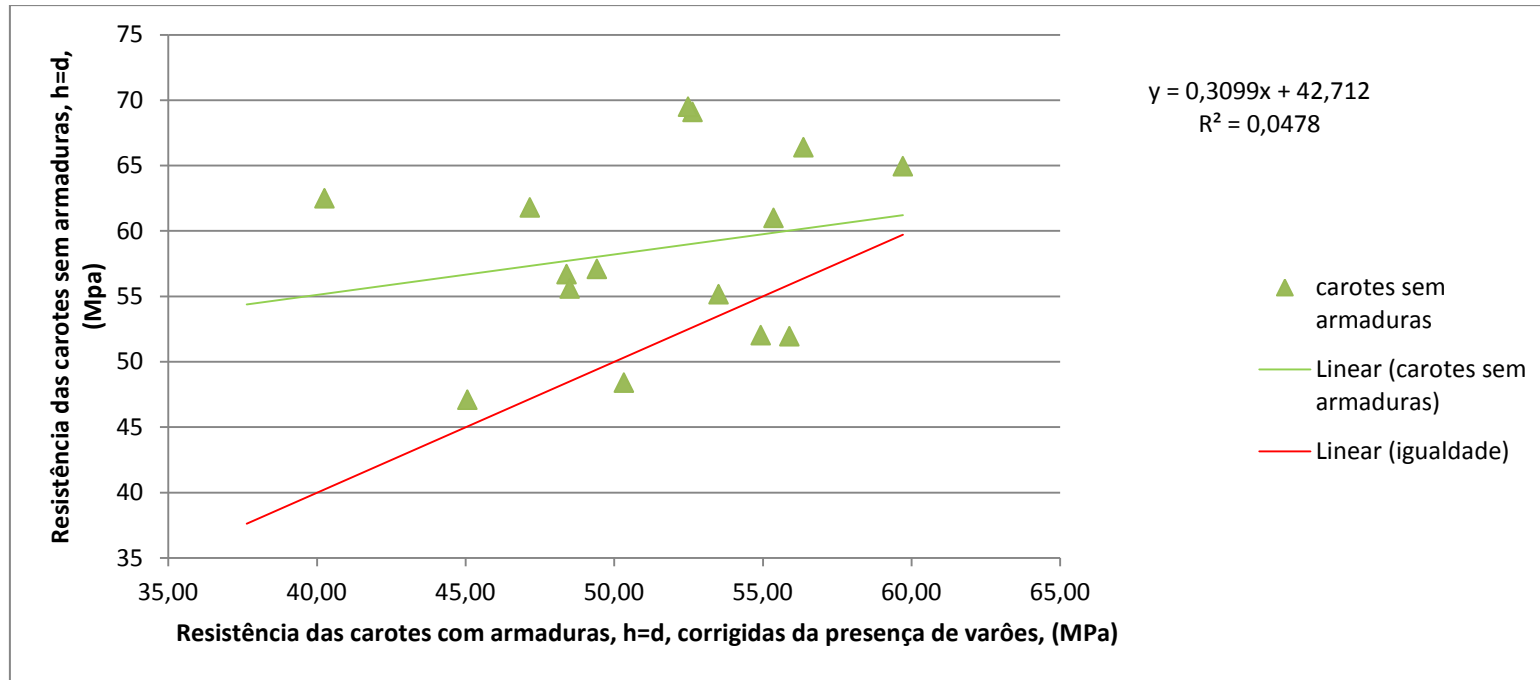


Figura 4.4 – Relação entre carotes com armaduras corrigidas da forma e varões, entre cubos e carotes sem armaduras

Devido à grande variação dos resultados obtidos nos provetes cúbicos, e ao facto de não se ter obtido melhoria significativa na dispersão quando se procurou seleccionar apenas alguns dos cubos ensaiados, e tendo ainda em consideração que não foram retirados provetes cúbicos para todas as lajes betonadas, optou-se por definir uma resistência média por laje, tendo em conta resultados quer de carotes sem armaduras ($h=d$) quer de provetes cúbicos. Nessa resistência média estimada do betão, considerou-se apenas os resultados que não se afastavam em demasia dos resultados obtidos nas carotes com armaduras. Esta opção baseou-se no conhecimento que as armaduras introduzidas não provocam alterações na resistência superiores a 20% e procurou eliminar da estimativa eventuais erros grosseiros devido a problemas de mistura.

Com base nesta metodologia, chegou-se aos valores apresentados no Quadro 4.19. Neste quadro, a primeira coluna representa a média estimada da resistência à compressão do betão da laje de onde foram retiradas as carotes com armaduras, obtida a partir de resultados de provetes cúbicos ou de carotes sem armadura com altura igual ao diâmetro, feita a exclusão de valores considerados aberrantes. As outras duas colunas representam todos os resultados da resistência à compressão de carotes com armaduras, sendo que na segunda coluna apenas foi feita a correção da forma (para $h=d$) e na terceira coluna foram feitas as correções da forma e da presença de varões.

Com base nos valores do quadro 4.19, obtém-se a figura 4.5.

Quadro 4.19 - f_c do betão sem armadura e do betão com armadura corrigido da forma e corrigido da forma e dos varões (MPa).

Betão		Betão com armadura	Betão com armadura
Sem armadura	Origem	Corrigido da forma	Corrigido da forma e armadura
42.4	Cubo	38.23	39.53
42.4	Cubo	36.60	38.83
42.4	Cubo	34.51	37.63
50.9	Média de cubos	52.05	52.64
58.7	Média de carotes e cubos	57.54	59.71
50.9	Média de cubos	51.39	52.49
51.4	Média de carotes e cubos	50.39	53.51
43.2	Cubo	39.04	40.26
43.2	Cubo	41.00	45.06
53.9	Média de cubos selecionados	54.40	55.36
49.2	Média de cubos	47.80	49.23
51.6	Média de cubos e cubos selec.	51.28	52.37
48.1	Média de cubos e cubos selec.	48.13	50.33
45.9	Média de cubos	46.35	48.4
50.4	Média de cubos selecionados	51.51	55.9
50.9	Média de cubos	49.49	55.02
47.6	Média de cubos	43.68	47.17
53.9	Média de cubos selecionados	52.97	56.37
45.9	Média de cubos	45.91	49.42
47.3	Média de cubos	43.70	48.51
47.3	Média de cubos	48.41	54.93

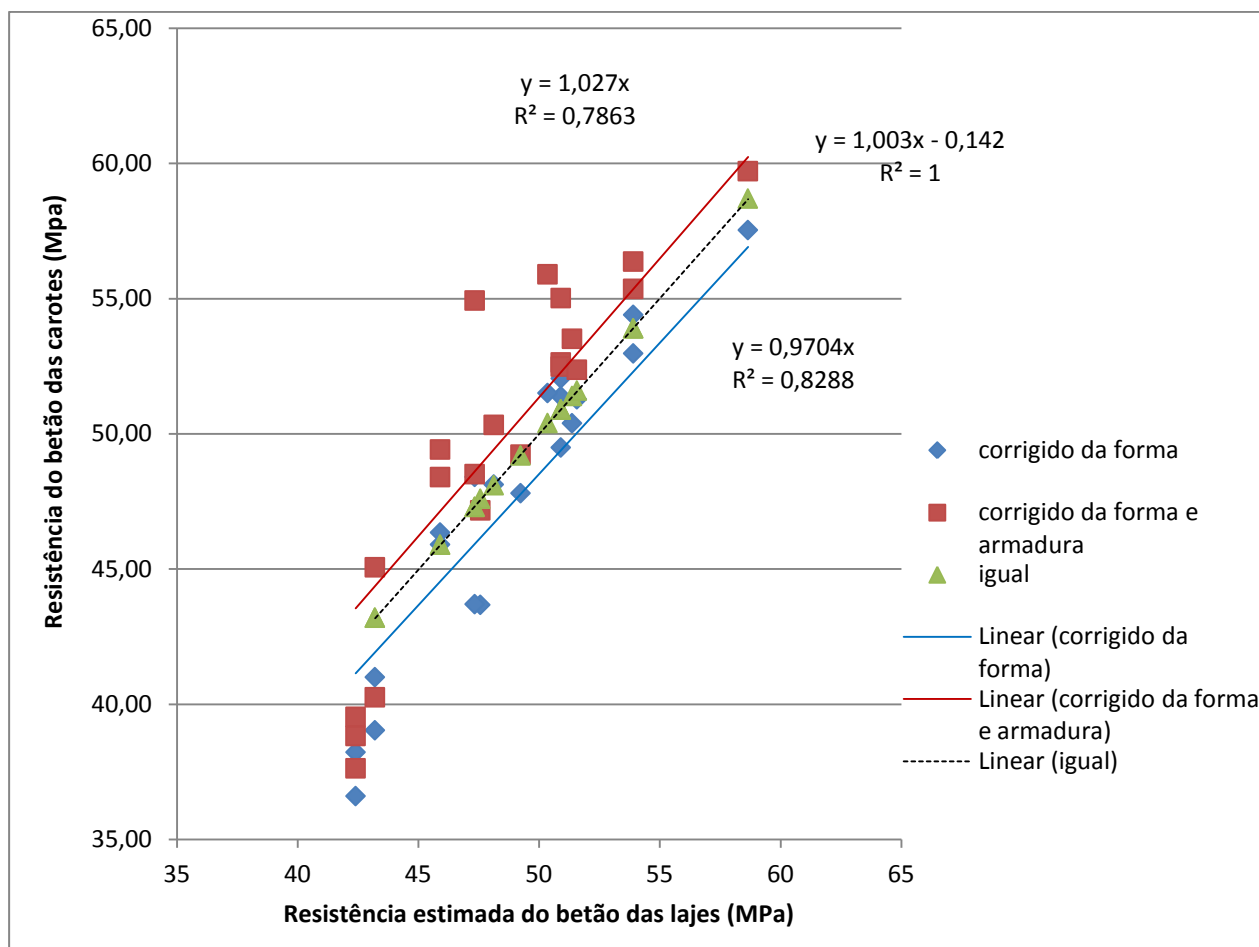


Figura 4.5 – Relação entre betão sem armadura, e betão corrigido da forma e corrigido da forma e varões

De acordo com o apresentado este gráfico o betão com armadura e corrigido só da forma apresenta uma estimativa ligeiramente por defeito (0,97) da resistência do betão, com um coeficiente R^2 de 0,83, o que se mostra apropriado, uma vez que é do lado da segurança. No entanto, quando é feita a correção da forma e da presença de armadura, a estimativa, para além dos valores serem mais dispersos, conduz a valores por excesso (1,03), que é contra a segurança, particularmente tendo em consideração a elevada variação.

Assim, também neste caso, em que se limitou a comparação aos valores mais coerentes, a estimativa da resistência do betão obtida pela expressão sugerida não mostrou ser útil na melhor previsão da resistência do betão.

5-CONCLUSÕES

5.1-Conclusões gerais

O trabalho realizado visou analisar a adequação da aplicação de uma expressão para correção da resistência do betão quando ela é medida em carotes contendo armaduras, usada na normalização inglesa.

Os resultados obtidos, permitiram obter as seguintes conclusões gerais

- Quando se corrigem os resultados obtidos nos ensaios de determinação da resistência à compressão de carotes contendo armadura apenas tendo em conta a sua forma, a resistência estimada do betão tende a ser feita por defeito, levando a valores um pouco inferiores aos que se obteriam em provetes normalizados o que é coerente com o indicado na norma NP EN 13791, Anexo A, onde é referido que é expectável que ocorra uma redução da resistência medida no caso de uma carote conter armaduras (não situadas axialmente).
- A aplicação da fórmula indicada pela Concrete Society -TR 11 Concrete core testing for strength (1987), para carotes com armaduras tende a conduzir a estimativas da resistência do betão superiores às resistências dos provetes de controlo.
- A comparação entre os resultados dos ensaios efetuados em betão com e sem armadura, apesar das limitações inerentes ao programa experimental desenvolvido, mostrou que a correção proposta pela instituição inglesa não permitiu estimar corretamente a resistência do betão, e que a sua aplicação pode não estar do lado da segurança em processos de avaliação da resistência característica do betão em obra.

5.2-Proposta de desenvolvimento futuro

As conclusões apresentadas necessitam de confirmação face aos problemas ocorridos na fase experimental, estes deveram-se no meu entender a uma misturadora pouco eficiente, que não uniformizava o betão de forma homogénea, apesar de se fazerem amassaduras de cerca de metade da capacidade da betoneira.

Sugere-se assim que seja efetuada uma campanha experimental mais alargada de ensaios, que contemple um número de resultados com maior representatividade estatística, de forma a sustentar a incorporação das correções devidas às armaduras na legislação nacional.

BIBLIOGRAFIA

▪ NORMAS /ESPECIFICAÇÕES/RELATORIOS TÉCNICOS

[1]-LNEC E 449 (2010) -Varões de aço A400 NR para armaduras de betão armado. Características, ensaios e marcação. LNEC

[2]-NP EN 197-1 (2000) -Cimento: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes. IPQ

[3]-NP EN 206-1 (2007) -Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade. IPQ

[4]-NP EN 934 – 2 (2009) -Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção: Designação, requisitos, conformidade, marcação e etiquetagem. IPQ

[5]-NP EN 1008 (2003) -Água de amassadura para betão. Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão. IPQ

[6]-NP EN 1097-5 (2002) -Ensaio para determinação das propriedades mecânicas e físicas dos agregados: Determinação do teor de humidade por secagem em estufa ventilada. IPQ

- [7]-NP EN 12350-1 (2009) -Ensaio do betão fresco: Amostragem. IPQ
- [8]-NP EN 12350-2 (2009) -Ensaio do betão fresco: Ensaio do abaixamento. IPQ
- [9]-NP EN 12390-1 (2012) -Ensaio do betão endurecido: Forma, dimensões e outros requisitos para o ensaio de provetes e para os moldes. IPQ
- [10]-NP EN 12390-2 (2009) -Ensaio do betão endurecido: Execução e cura dos provetes para ensaios de resistência mecânica. IPQ
- [11]-NP EN 12390-3 (2009) -Ensaio do betão endurecido: Resistência à compressão de provetes. IPQ
- [12]-NP EN 12504-1 (2009) -Ensaio do betão nas estruturas. Carotes: Extração, exame e ensaio à compressão. IPQ
- [13]-NP EN 12620 (2004) -Agregados para betão. IPQ
- [14]-NP EN 13670 (2011) -Execução de estruturas de betão. IPQ
- [15]-NP EN 13791 (2007) -Avaliação da resistência à compressão do betão nas estruturas ou em produtos prefabricados. IPQ
- [16]-Concrete Society Technical Report nº11 (1987) – Concrete core testing for strength
- [17]-NP EN 12390-4 (2009) -Ensaio do betão endurecido: Resistência à compressão de provetes. Características das máquinas de ensaio. IPQ
- [18]- BS EN 12504-1 (2009) Testing concrete in structures. Parte 1-Core specimens-Taking examining and testing in compression.

▪ **LIVROS / TEXTOS / DISSERTACOES / ARTIGOS**

- [19]-Gonçalves, A.F. (1987) -Resistência do betão nas estruturas, Tese para a obtenção do grau de especialista e acesso à categoria de investigador auxiliar, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa.

- [20]-Uva, G et al (2013)- Proposal of a methodology for assessing the reliability of in situ concrete tests and improving the estimate of the compressive strength. *Construction and Building Materials*.**38**:72-83.Acedido em 03/02/2014, em www.elsevier.com/locate/conbuildmat.
- [21]- American Concrete Institute. Guide for obtaining cores and interpreting compressive strength results. ACI 214.4R-03. Detroit, Michigan; 2003.
- [22]- Loo YH, Tan CW, Tam CT. Effects of embedded reinforcement on the measured strength of concrete cylinders. *Magazine of Concrete Research* 1989; 41(146):11–8.
- [23]- Federal Emergency Management Agency. NEHRP commentary on the guidelines for the seismic rehabilitation of buildings. FEMA 274. Washington, DC; 1997.
- [24]- Masi A, Vona M. Estimation of the in-situ concrete strength: provisions of the European and Italian seismic codes and possible improvements. In: Cosenza E, editor. *Eurocode 8 perspectives from the Italian standpoint workshop*, 67–77, Doppiavoce, Naples, Italy; 2009.
- [25]- Padrão, J.A.L.M., (2004) Técnicas de Inspeção e Diagnóstico em Estruturas, dissertação de Mestrado, DEC-FEUP, Porto.
- [26]- Júlio, E.N.B.S. et al, Concrete-to-Concrete Bond Strength. Influence of the Roughness of the Substrate Surface. *Elsevier, Construction and Building Materials* 18(9): 675-681. Nov 2004.
- [27] Chung, Hw, “Effects of Embedded Steels Bars Upon Ultrasonic Testing of Concrete” *Magazine of Concrete Research*, V.30, N.102, March 1978, pp19-25.
- [28]- JÚLIO, E., “Avaliação “in situ” da Resistência à Compressão do Betão”, 2.º Seminário “A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação”, FEUP, Porto, Portugal, 12 a 14 de Outubro, 2005.
- [29]-Cunha, P.J.P., (2011) Conformidade da Resistência à Compressão do Betão, Tese de Doutoramento, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga.
- [30]- André, J. (2013). A problemática da avaliação da resistência “in situ” do betão através de ensaios de carotes. *Betão-APEB*, 30:pp14-23.
- [31]-Freitas, C.M.P., (2013) Análise do Comportamento de Novos Endurecedores de Superfície Aplicados em Betões de base. Dissertação de Mestrado, Escola de Ciências e Tecnologia- Universidade de Évora. Évora.

ANEXOS

ANEXO A

Análises granulométrica dos agregados

Estudo da composição do betão C30/37

ANEXO B

Ficha Técnica do Cimento

ANEXO C

Ficha Técnica do Plastificante

ANEXO D

Desenho de lajetas

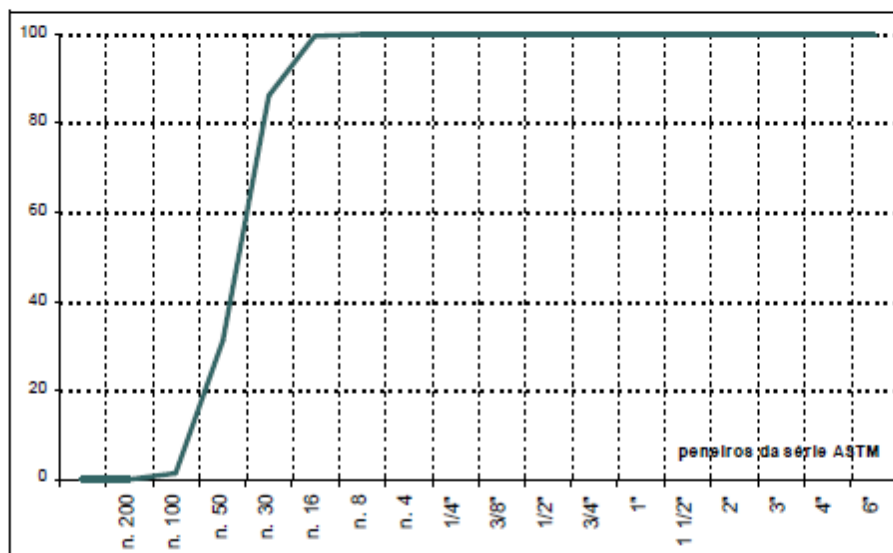
ANEXO A

• Areia Fina

NP 1379 - Granulometria e massa volúmica de agregados

designação	A. Fina	tipo	rolado	m. vol. (kg/m ³)	2620
n.º amostra	3	cliente		massa total (kg)	1,000
origem	cast. Ventoso	obra		máx. dim ACI (mm)	1,18
fornecedor	Sifucei	central	Évora	máx. dim Faury (mm)	0,68
		data de colheita	2011-08-16	mín. dimensão (mm)	0,15
		data de ensalo	2011-08-17		

PENEIRO	MALHA mm	RESÍDUO		RESÍDUOS ACUMULADOS %		ÁGUA DE MOLHAGEM %		
		g	%	passado	retido	COEFICIENTES		agregado
						rolado	britado	
6"	150,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,08	0,08	0,00
4"	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,12	0,13	0,00
3"	75,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,16	0,18	0,00
2"	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,20	0,23	0,00
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,24	0,28	0,00
1"	25,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,39	0,44	0,00
3/4"	19,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,55	0,60	0,00
1/2"	12,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,92	1,10	0,00
3/8"	9,50	0,0	0,0	100,0	0,0	1,30	1,60	0,00
1/4"	6,30	0,0	0,0	100,0	0,0	1,75	2,20	0,00
n. 4	4,75	0,0	0,0	100,0	0,0	2,25	2,80	0,00
n. 8	2,36	0,0	0,0	100,0	0,0	4,0	5,2	0,00
n. 16	1,18	3,0	0,3	99,7	0,3	7,0	8,6	0,02
n. 30	0,600	136,0	13,6	86,1	13,9	10,0	12,3	1,36
n. 60	0,300	547,0	54,7	31,4	68,6	13,0	17,2	7,11
n. 100	0,150	301,0	30,1	1,3	98,7	20,0	24,6	6,02
n. 200	0,075	12,0	1,2	0,1	99,9	26,0	26,0	0,31
refugo		1,0	0,1	0,0	100,0	26,0	26,0	0,03
totais		1000,0	100,0					
módulo de finura					1,81			14,85

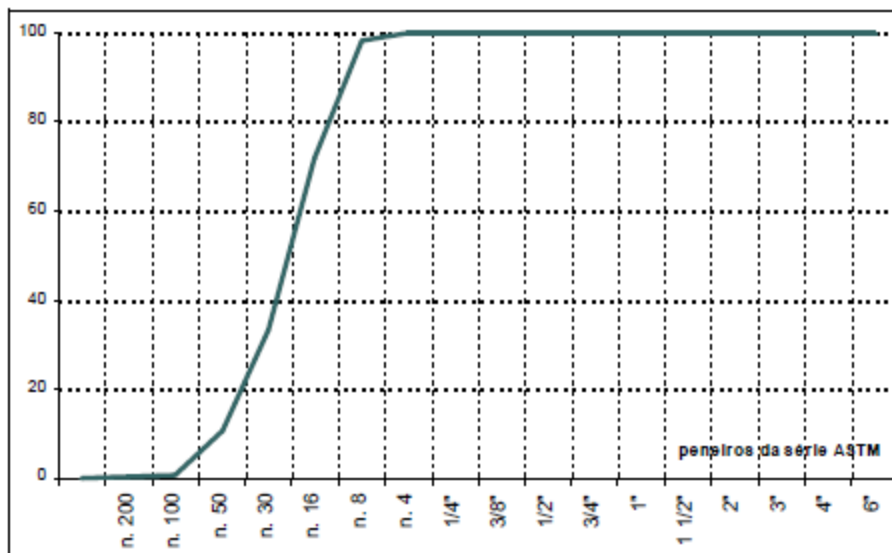


• Areia grossa

NP 1379 - Granulometria e massa volúmica de agregados

designação	A. Grossa	tipo	rolado	m. vol. (kg/m ³)	2620
n.º amostra	2	cliente		massa total (kg)	0,100
origem	C.Ventoso	obra		max. dim ACI (mm)	2,36
fornecedor	Sifucel	central	Évora	max. dim Faury (mm)	2,44
		data de colheita	2012-06-06	min. dimensão (mm)	0,15
		data de ensaio	2012-06-06		

PENEIRO	MALHA mm	RESÍDUO		RESÍDUOS ACUMULADOS %		ÁGUA DE MOLHAGEM %		
		g	%	passado	retido	COEFICIENTES		agregado
						rolado	britado	
6"	150,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,08	0,08	0,00
4"	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,12	0,13	0,00
3"	75,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,16	0,18	0,00
2"	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,20	0,23	0,00
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,24	0,28	0,00
1"	25,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,39	0,44	0,00
3/4"	19,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,55	0,60	0,00
1/2"	12,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,92	1,10	0,00
3/8"	9,50	0,0	0,0	100,0	0,0	1,30	1,60	0,00
1/4"	6,30	0,0	0,0	100,0	0,0	1,75	2,20	0,00
n. 4	4,75	0,0	0,0	100,0	0,0	2,25	2,80	0,00
n. 8	2,36	1,8	1,8	98,2	1,8	4,0	5,2	0,07
n. 16	1,18	26,4	26,4	71,8	28,2	7,0	8,6	1,85
n. 30	0,600	38,5	38,5	33,3	66,7	10,0	12,3	3,85
n. 50	0,300	22,5	22,5	10,8	89,2	13,0	17,2	2,93
n. 100	0,150	10,2	10,2	0,6	99,4	20,0	24,6	2,04
n. 200	0,075	0,3	0,3	0,3	99,7	26,0	26,0	0,08
refugo		0,3	0,3	0,0	100,0	26,0	26,0	0,08
totais		100,0	100,0					
módulo de finura					2,85			10,89



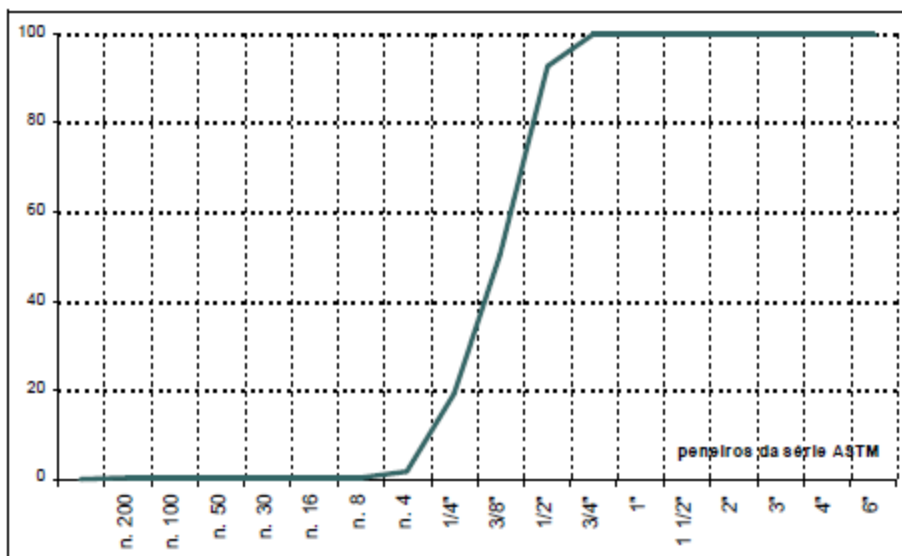
• Brita 1



NP 1379 - Granulometria e massa volúmica de agregados

designação	Brita 1	tipo	britado	m. vol. (kg/m3)	2650
nº amostra	2	cliente		massa total (kg)	3,110
origem	MFL/Mon.	obra		máx. dim ACI (mm)	12,50
fornecedor	Tecnovia	central	Évora	máx. dim Faury (mm)	13,01
		data de colheita	2011-09-09	min. dimensão (mm)	4,75
		data de ensalo	2011-09-12		

PENEIRO	MALHA mm	RESÍDUO		RESÍDUOS ACUMULADOS %		ÁGUA DE MOLHAGEM %		
		g	%	passado	retido	COEFICIENTES		agregado
						rolado	britado	
6"	150,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,08	0,08	0,00
4"	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,12	0,13	0,00
3"	75,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,16	0,18	0,00
2"	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,20	0,23	0,00
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,24	0,28	0,00
1"	25,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,39	0,44	0,00
3/4"	19,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,55	0,60	0,00
1/2"	12,5	223,0	7,2	92,8	7,2	0,92	1,10	0,08
3/8"	9,50	1311,0	42,2	50,7	49,3	1,30	1,60	0,67
1/4"	6,30	980,0	31,5	19,2	80,8	1,75	2,20	0,69
n. 4	4,75	547,0	17,6	1,6	98,4	2,25	2,80	0,49
n. 8	2,36	37,0	1,2	0,4	99,6	4,0	5,2	0,06
n. 16	1,18	0,0	0,0	0,4	99,6	7,0	8,6	0,00
n. 30	0,600	0,0	0,0	0,4	99,6	10,0	12,3	0,00
n. 50	0,300	0,0	0,0	0,4	99,6	13,0	17,2	0,00
n. 100	0,150	0,0	0,0	0,4	99,6	20,0	24,6	0,00
n. 200	0,075	0,0	0,0	0,4	99,6	26,0	26,0	0,00
refugo		12,0	0,4	0,0	100,0	26,0	26,0	0,10
totais		3110,0	100,0					
módulo de finura					6,46			2,10



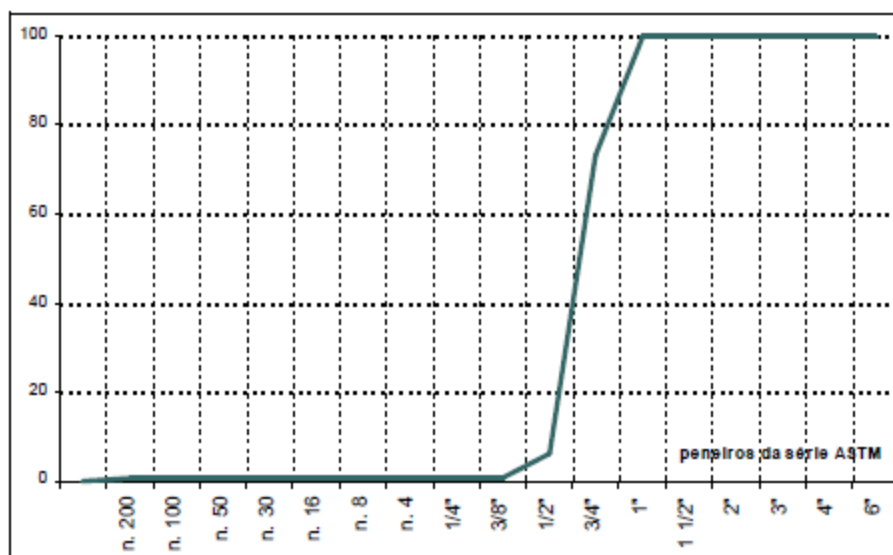
Brita 2



NP 1379 - Granulometria e massa volúmica de agregados

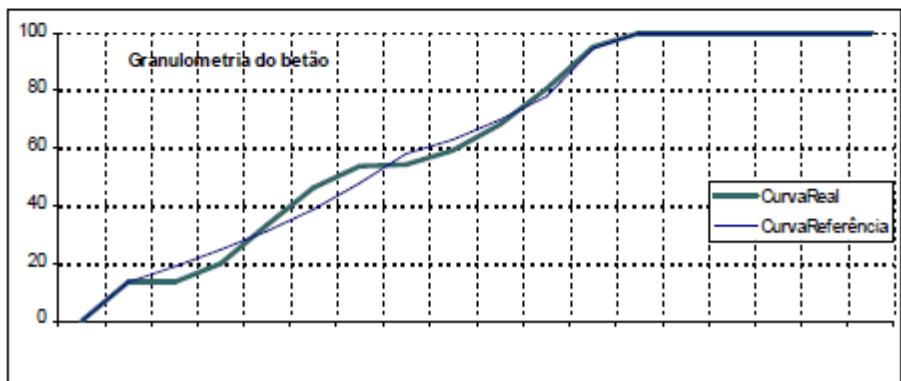
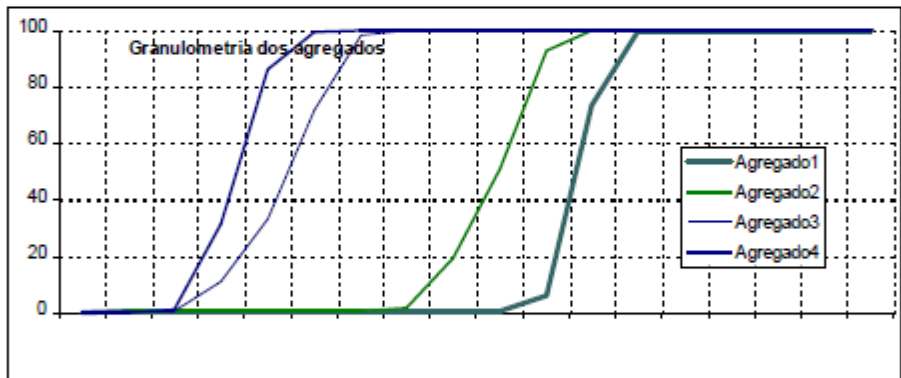
designação	Brita 2	tipo	britado	m. vol. (kg/m ³)	2680
n.º amostra	2	cliente		massa total (kg)	3,234
origem	MFL/Mon.	obra		máx. dim ACI (mm)	25,00
fornecedor	Tecnovia	central	Évora	máx. dim Faury (mm)	21,58
		data de colheita	2011-09-09	mín. dimensão (mm)	9,50
		data de ensaio	2011-09-12		

PENEIRO	MALHA mm	RESÍDUO		RESÍDUOS ACUMULADOS %		ÁGUA DE MOLHAGEM %		
		g	%	passado	retido	COEFICIENTES		agregado
						rolado	britado	
6"	150,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,08	0,08	0,00
4"	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,12	0,13	0,00
3"	75,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,16	0,18	0,00
2"	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,20	0,23	0,00
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,24	0,28	0,00
1"	25,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,39	0,44	0,00
3/4"	19,0	864,0	26,7	73,3	26,7	0,55	0,60	0,16
1/2"	12,5	2174,0	67,2	6,1	93,9	0,92	1,10	0,74
3/8"	9,50	175,0	5,4	0,6	99,4	1,30	1,60	0,09
1/4"	6,30	0,0	0,0	0,6	99,4	1,75	2,20	0,00
n. 4	4,75	0,0	0,0	0,6	99,4	2,25	2,80	0,00
n. 8	2,36	0,0	0,0	0,6	99,4	4,0	5,2	0,00
n. 16	1,18	0,0	0,0	0,6	99,4	7,0	8,6	0,00
n. 30	0,600	0,0	0,0	0,6	99,4	10,0	12,3	0,00
n. 50	0,300	0,0	0,0	0,6	99,4	13,0	17,2	0,00
n. 100	0,150	0,0	0,0	0,6	99,4	20,0	24,6	0,00
n. 200	0,075	0,0	0,0	0,6	99,4	26,0	26,0	0,00
refugo		21,0	0,6	0,0	100,0	26,0	26,0	0,17
totais		3234,0	100,0					1,16
módulo de finura					7,22			



• Cálculo da composição do betão

Estudo de composição de betão													
unibetão		Lpccer		nº		nome							
				data		família							
				cliente		central							
				ref.									
C 30	/ 37	EN206	E	Ecl	Eg	Eq	central		Evora	ref.			
componentes	nº	origem	fornec.	kg	m.v.	vol	% sol	dmax	granulometria (%)				
ag.1	Brita 2	2	MFI/Mon	Tecnovi	400	2680	0,149	18,4%	21,58	6"	150,0	100,0	100,0
ag.2	Brita 1	2	MFI/Mon	Tecnovi	595	2650	0,228	27,7%	13,01	4"	100,0	100,0	100,0
ag.3	A. Grossa	2	C.Ventos	Sifucel	609	2620	0,232	28,7%	2,44	3"	75,0	100,0	100,0
ag.4	A. Fina	3	cast. Ven	Sifucel	261	2620	0,100	12,3%	0,68	2"	50,0	100,0	100,0
ag.5										1 1/2"	37,5	100,0	100,0
cimento	CEMII/A-L42		Outão	Secil	320	3050	0,108	12,9%		1"	25,0	100,0	100,0
adição.1										3/4"	19,0	95,1	94,6
adição.2										1/2"	12,5	80,7	78,0
água					168		0,168			3/8"	9,50	68,1	70,1
água recicl.	% res.									1/4"	6,30	59,3	62,9
adjuvante.1	Pozzolith 540	%	1,2	Basf	3,84	1200	0,003200			n. 4	4,75	54,4	56,2
adjuvante.2		%								n. 8	2,36	53,6	47,9
adjuvante.3		%								n. 16	1,18	46,0	38,8
vazios							0,018			n. 30	0,600	33,3	31,3
total					2357		1,000		21,28	n. 50	0,300	20,1	24,5
										n. 100	0,150	13,5	18,6
										n. 200	0,075	13,3	13,4
3 dias	fcm	dias.h	fcm	abaix.	15	S3	curva ref.	Faury		betão			c.ref.
7 dias	29,0			comp.			A	33		mod. finura	4,159	4,159	
28 dias	42,0			VeBe			B	2		a/l	0,525	emo	3,36%
90 dias				flow t			R/D	1					



ANEXO B

CEM II/A-L 42,5R

Cimento Portland de Calcário



Certificação

Cimento certificado segundo a NP EN 197-1.
Certificados de Conformidade 0856-CPD-0115 e 0856-CPD-0121.

Locais de Produção

Fábrica Secil-Outão
Fábrica Maçeira-Liz

Embalagem

Granel
Sacos de 40kg

Composição do Produto (Núcleo Cimento)

80% a 94% Clínquer Portland
6% a 20% Calcário
0% a 5% Outros Constituintes

Principais Aplicações

O Cimento Portland de Calcário CEM II/A-L 42,5R é um produto de grande versatilidade, conjugando uma boa trabalhabilidade e elevadas resistências, características que permitem o seu uso em betões de várias classes de resistência e na prefabricação ligeira ou pesada.

O cimento CEM II/A-L 42,5R é um produto especialmente formulado e adaptado para:

- betão pronto ou fabricado em obra de média a elevada resistência;
- betão pré-esforçado a idades correntes;
- betões projectados, betões leves e betões de regularização;
- prefabricação pesada com rotatividade normal ou prefabricação ligeira de grande rotatividade;
- reforço e reparação de betão estrutural.

Principais Características

Cimento de cor cinzenta, com menor calor de hidratação e melhor trabalhabilidade que um cimento CEM I da mesma classe de resistência.

Desenvolvimento rápido de resistências (resistência inicial elevada).

Resistências finais dentro dos valores da classe indicada (resistências aos 28 dias).

Advertências Específicas

O correcto desenvolvimento de resistências é sensível ao processo de cura.

- devem tomar-se cuidados para evitar a dissecação de todas as peças betonadas.
- devem evitar-se betonagens em tempo muito quente ou muito frio.

Para obter a melhor performance em betões e argamassas:

- recomenda-se o estudo de composição;
- a melhor trabalhabilidade possibilita a redução da dosagem de água de amassadura, garantindo uma relação água/cimento compatível com as condições de aplicação.

É possível a adição de cinzas volantes, em condições específicas e desde que sejam cumpridas exigências de controlo de qualidade e de estudos prévios de composição.

Informação de Segurança

O manuseamento do cimento em pó pode causar irritação dos olhos e vias respiratórias. Quando misturado com água pode ainda causar sensibilização da pele.

Aconselha-se o uso de máscara anti-poeiras para protecção respiratória, luvas de protecção das mãos, óculos de protecção dos olhos e fato de trabalho para protecção da pele.

Para informação detalhada consulte a Ficha de Dados de Segurança deste produto.

Última actualização

Setembro 2004 - Versão 3

pag. 1 | 2

Características Químicas

Propriedades	Método de Ensaio	Valor Especificado (1)
Teor de Sulfatos (em SO ₃)	NP EN 196-2	≤ 4,0%
Teor de Cloretos	NP EN 196-21	≤ 0,10%

(1) As percentagens são referidas à massa de cimento.

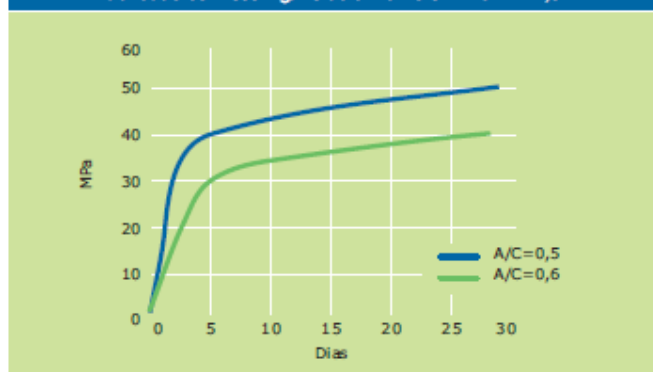
Características Mecânicas

Resistência à Compressão (MPa)			
Resistência aos primeiros dias		Resistência de referência	NP EN 196-1
2 dias	7 dias	28 dias	
≥ 20	-	≥ 42,5 e ≤ 62,5	

Características Físicas

Propriedades	Método de Ensaio	Valor Especificado
Princípio de Presa	NP EN 196-3	≥ 60 min
Expansibilidade	NP EN 196-3	≤ 10 mm

Valores médios indicativos da resistência à compressão de betão fabricado com 350 Kg/m³ de cimento CEM I/A-L 42,5R



Sistema de transporte cimento a granel. Fábrica Secil-Outão.



Companhia Geral de Cal e Cimento, S.A.

Direção Comercial
Av. das Forças Armadas, 125 6º
1600-079 LISBOA
Tel. 217 927 100 . Fax. 217 936 200

Vendas Norte
Tel. 226 078 410 . Fax. 226 078 411

Vendas Centro
Tel. 244 779 500 . Fax. 244 777 455

Vendas Sul
Tel. 212 198 280 . Fax. 212 198 229

Cimento Branco
Tel. 244 587 700 . Fax. 244 589 652

Departamento Técnico-Comercial
Tel. 212 198 280 . Fax. 212 198 229

E-mail - comercial@secil.pt
Site - www.secil.pt

ANEXO C



The Chemical Company

POZZOLITH® 540

Plastificante multidosagem para betão

Descrição

POZZOLITH 540 é um adjuvante polifuncional, de elevado rendimento, aplicável em betões com diferentes características fazendo variar a sua dosagem. A sua especial composição, permite usá-lo com qualquer tipo de cimento.

Campos de aplicação

- Betão bombado e betão convencional.
- Betão armado, pré-fabricado, pré-esforçado e leve.
- Produção de lajes de betão talochado.
- Betão com ar introduzido, quando utilizado em combinação com introdutores de ar de acordo com a EN934-2.

Vantagens

- Melhoria da plasticidade do betão, mantendo as propriedades do betão padrão.
- Efeito plastificante compatível com cinzas volantes e pozolanas.
- Redutor de água em betões de elevada resistência.
- Betões com dosagens económicas de cimento.
- Permite talochar o betão a curto prazo (em função do tipo de cimento e condições ambientais).
- É compatível com adjuvantes de acção específica como: aceleradores, superplastificantes, retardadores, introdutores de ar e anticongelantes, da gama BASF C.C. Portugal.

Rendimento / Dosagem

De 0,4 a 1,2 Kg por 100 Kg de cimento (ligante). São possíveis dosagens superiores ou inferiores às indicadas, mediante a realização de ensaios prévios, em função da relação a/c, do tipo de cimento (ligante), da granulometria utilizada, etc. No entanto deverá contactar a BASF C.C Portugal.

Modo de aplicação

POZZOLITH 540 é um líquido pronto a usar, que é introduzido na betoneira juntamente com a água de amassadura. O efeito plastificante ou redutor de água é superior se o adjuvante for adicionado ao betão após ter sido introduzida 50 a 70% da água de amassadura. Não é aconselhável a adição do adjuvante ao cimento e agregados secos uma vez que o efeito plastificante ou de redução de água diminuirá.

Embalagem e armazenamento

POZZOLITH 540 é fornecido em bidons de 210 litros, depósitos de 1000 litros e a granel. Armazenar em local fresco e seco, a temperaturas superiores a 0°C, nas embalagens originais, até 12 meses aproximadamente. Evitar o seu congelamento.

Precauções de segurança

Recomenda-se observar as precauções habituais quando se trabalha com produtos químicos, utilizando luvas e óculos de protecção. Lavar as mãos entre pausas e no final do trabalho. Não comer, beber ou fumar durante a aplicação. A eliminação do produto e da sua embalagem deve realizar-se de acordo com a legislação e é da responsabilidade do aplicador final. Não é um produto de transporte rodoviário perigoso.

Deve ter-se em conta

- Recomenda-se sempre a realização de ensaios prévios à utilização do adjuvante para ajustar a dosagem óptima.
- Não adicionar o produto a cimentos ou agregados secos.

Pozzolith 540 Página 1 de 2

Adding Value to Concrete



The Chemical Company

POZZOLITH[®] 540

Características técnicas	
Função principal:	Plastificante / Redutor de água
Efeito secundário:	Retardamento de presa com sobredosagem
Marcação CE:	Segundo NP EP 934-2 como T2
Aspecto:	Líquido castanho escuro
Densidade relativa (20°C):	1,20 ± 0,03 g/cm ³
pH:	8 ± 1
Viscosidade Brookfield (20°C)	≤ 100 cps
Teor em iões cloreto:	≤ 0,1%
<i>Os dados técnicos aqui apresentados são fruto de resultados estatísticos. Caso se pretendam valores de controlo, podem ser solicitados ao nosso Departamento Técnico.</i>	

NOTA:

A presente Ficha Técnica serve, assim como as demais recomendações e informação técnica, unicamente para a descrição das características do produto, modo de utilização e suas aplicações. Os dados e informações reproduzidos têm por base os nossos conhecimentos técnicos adquiridos através de biografia, ensaios de laboratório e através da prática.

Os dados de consumo e dosificação que figuram nesta ficha técnica, são baseados na nossa própria experiência, pelo que são susceptíveis de variações devido a diferentes condições de obra. Os consumos e dosificações reais deverão determinar-se através de ensaios prévios sendo estes responsabilidade do cliente.

Para um acompanhamento adicional, o nosso serviço técnico, está à sua disposição.

BASF Construction Chemicals Portugal, S.A. reserva o direito de modificar a composição dos produtos, sempre e quando estes continuem cumprindo as características descritas na Ficha Técnica.

Outras aplicações do produto que não se enquadrem com as indicadas, não serão da nossa responsabilidade.

Outorgamos garantia em caso de defeito na qualidade de produção dos nossos produtos, ficando excluídas as reclamações adicionais, sendo da nossa responsabilidade tão só a de compensar o valor de mercadoria fornecida.

Deve ser tido em conta as eventuais reservas correspondentes a patentes ou direito de terceiros.

Data de emissão 17/06/2010

A presente ficha técnica perde a sua validade com a emissão de uma nova.

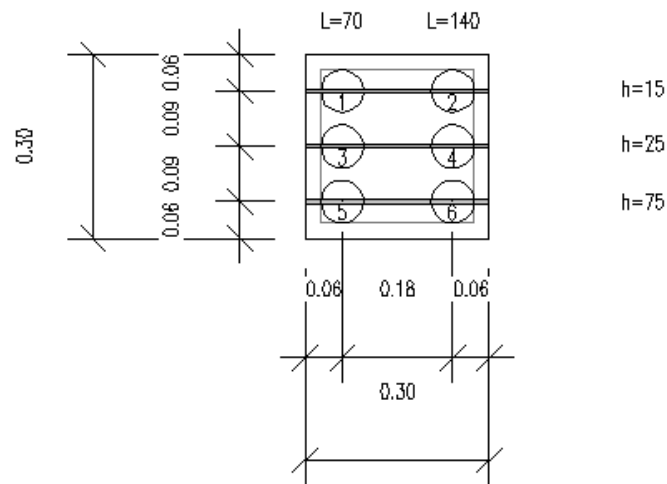


Pozzolith 540 Página 2 de 2

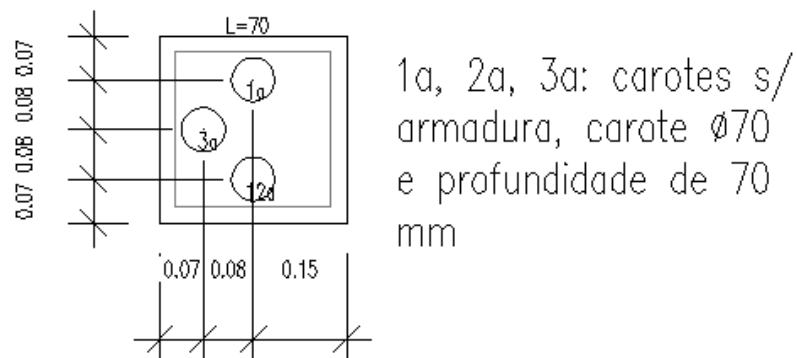
BASF Construction Chemicals Portugal, S.A.
 Sede e Fábrica: Rua de S. Sebastião, 57 – Cabra Figa
 2635-047 RIO DE MOURO
 Tel: 21 915 85 50 – Fax: 21 915 85 52
 Delegação Norte: Rua Manuel Pinto de Azevedo, 626
 4100-320 PORTO
 Tel: 22 616 60 01 – Fax: 22 610 67 02
www.baf-cc.pt

ANEXO D

Lajeta: 1 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 6$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 70$ mm cotas: m L,h: mm

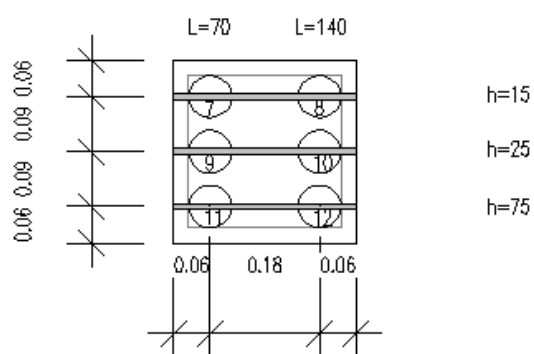


Lajeta: 1A Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 6$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 70$ mm cotas: m L,h: mm

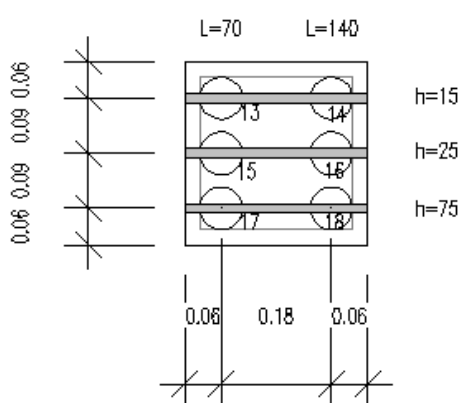


1a, 2a, 3a: carotes s/
 armadura, carote $\varnothing 70$
 e profundidade de 70
 mm

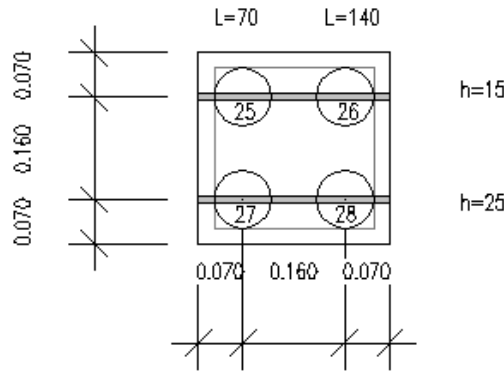
Lajeta: 2 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 10$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 70$ mm cotas: m L,h: mm



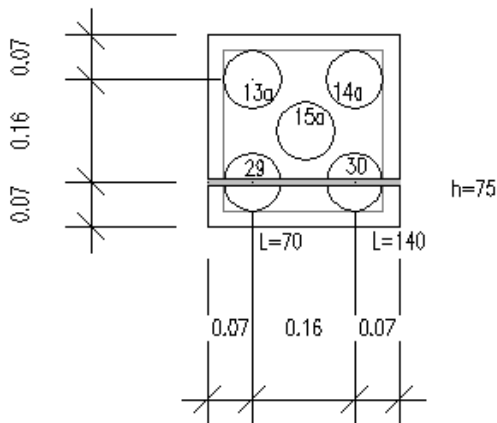
Lajeta: 3 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 16$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 70$ mm cotas: m L,h: mm



Lajeta: 6 Espessura: 0.15 m
Varão: $\varnothing 10$ mm Escala 1:10
Carote: $\varnothing 90$ mm cotas: m L,h: mm

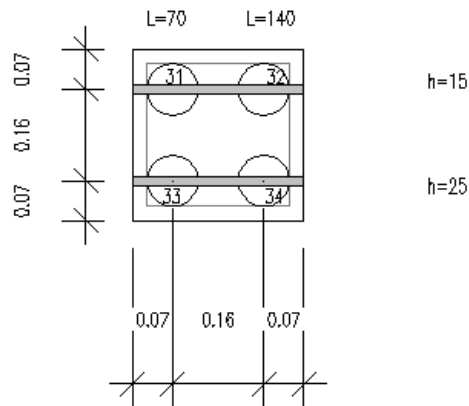


Lajeta: 7 Espessura: 0.15 m
Varão: $\varnothing 10$ mm Escala 1:10
Carote: $\varnothing 90$ mm cotas: m L,h: mm

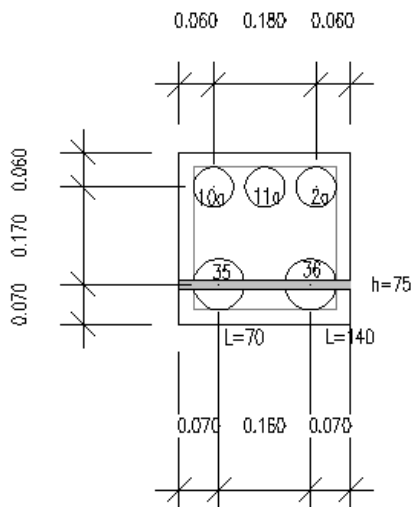
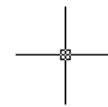


13a, 14a, 15a: carotes
s/ armadura, carote
 $\varnothing 90$ e profundidade de
140 mm

Lajeta: 8 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 16$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 90$ mm cotas: m L,h: mm

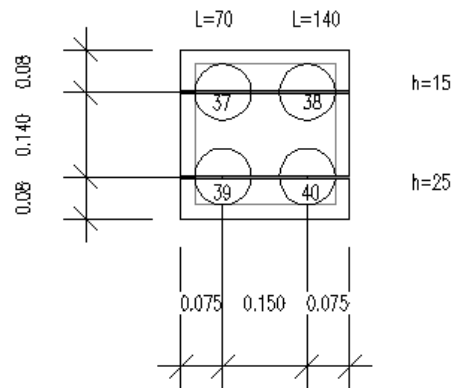


Lajeta: 9 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 16$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 70$ mm cotas: m L,h: mm
 $\varnothing 90$ mm

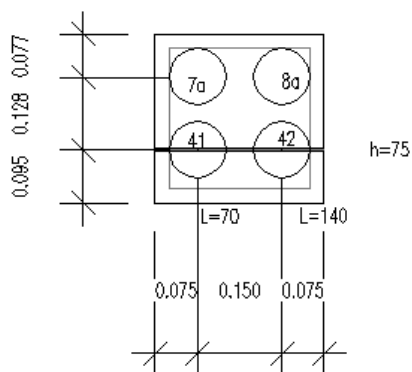
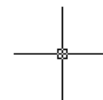


10a, 11a, 12a: carotes
 s/ armadura, carote
 $\varnothing 70$ e profundidade de
 140 mm

Lajeta: 10 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 6$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 100$ mm cotas: m L,h: mm

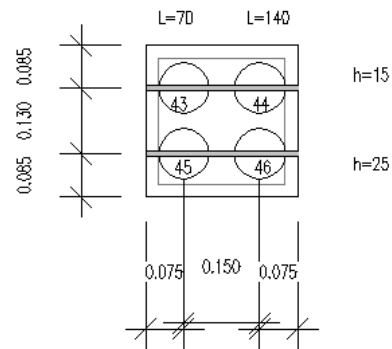



Lajeta: 11 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 6$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 100$ mm cotas: m L,h: mm




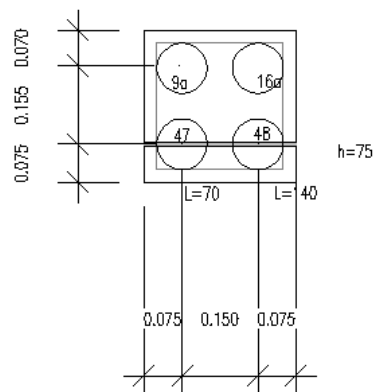
7a, 8a, 9a: carotes s/
 armadura, carote $\varnothing 100$
 e profundidade de 70
 mm

Lajeta: 12 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 10$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 100$ mm cotas: m L,h: mm




 7a, 8a, 9a: carotes s/
 armadura, carote $\varnothing 100$
 e profundidade de 70
 mm

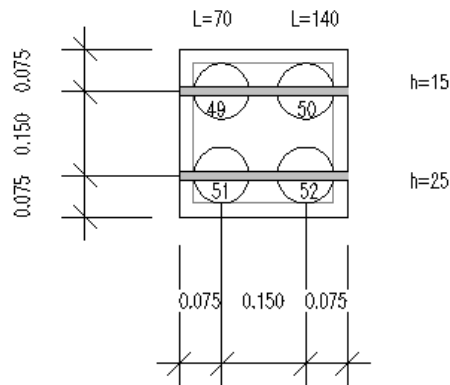
Lajeta: 13 Espessura: 0.15 m 
 Varão: $\varnothing 10$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 100$ mm cotas: m L,h: mm



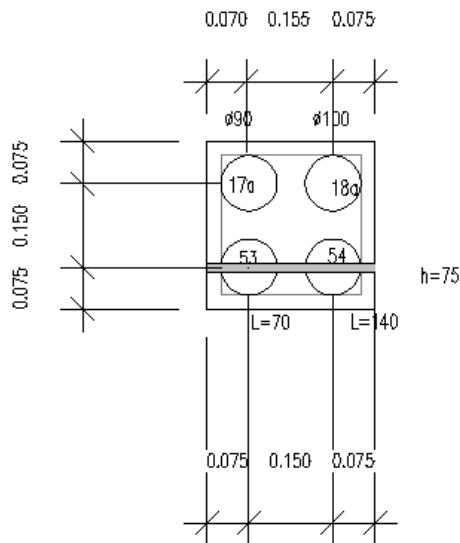
7a, 8a, 9a: carotes s/
 armadura, carote $\varnothing 100$
 e profundidade de 70
 mm

16a, 17a, 18a: carotes
 s/ armadura, carote
 $\varnothing 100$ e profundidade
 de 140 mm

Lajeta: 14 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 16$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 100$ mm cotas: m L,h: mm

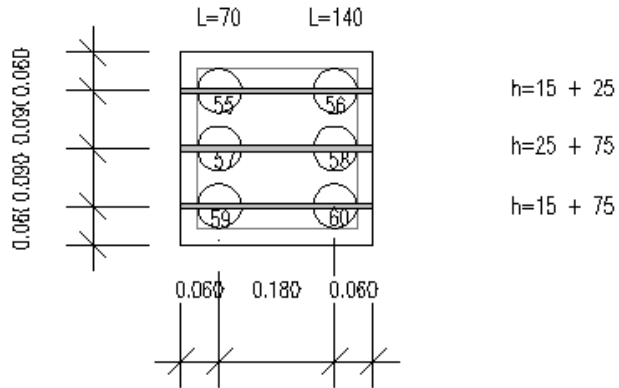


Lajeta: 15 Espessura: 0.15 m
 Varão: $\varnothing 16$ mm Escala 1:10
 Carote: $\varnothing 100$ mm cotas: m L,h: mm

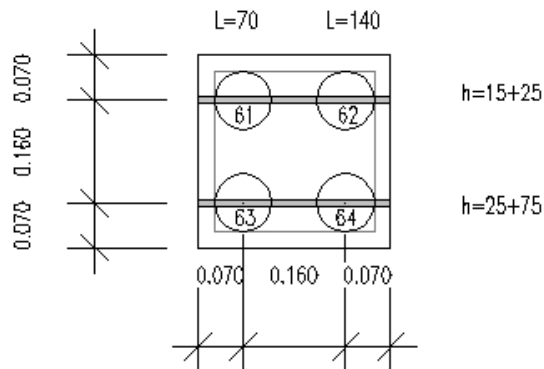


16a, 17a, 18a: carotes
 s/ armadura, carote
 $\varnothing 100$ e profundidade
 de 140 mm

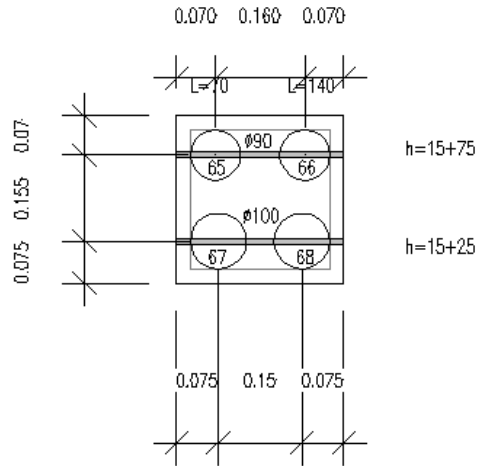
Lajeta: 16 Espessura: 0.15 m
 Varão: 2x ϕ 10 mm Escala 1:10
 Carote: ϕ 70 mm cotas: m L,h: mm



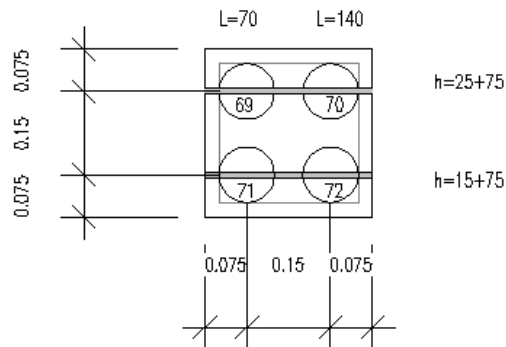
Lajeta: 17 Espessura: 0.15 m
 Varão: 2x ϕ 10 mm Escala 1:10
 Carote: ϕ 90 mm cotas: m L,h: mm



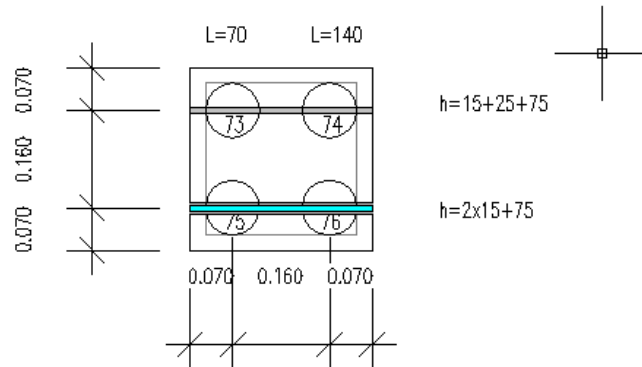
Lajeta: 18 Espessura: 0.15 m
 Varão: 2x ϕ 10 mm Escala 1:10
 Carote: ϕ 90 mm cotas: m L,h: mm
 ϕ 100 mm



Lajeta: 19 Espessura: 0.15 m
 Varão: 2x ϕ 10 mm Escala 1:10
 Carote: ϕ 100 mm cotas: m L,h: mm



Lajeta: 20 Espessura: 0.15 m
 Varão: 3xØ10 mm Escala 1:10
 Carote: Ø90 mm cotas: m L,h: mm



Lajeta: 21 Espessura: 0.15 m
 Varão: 3xØ10 mm Escala 1:10
 Carote: Ø90 mm cotas: m L,h: mm

