



Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico da Guarda

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Licenciatura em Engenharia Civil

Manuel da Fonte Simão
Novembro | 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

**BETÕES REFORÇADOS COM
MALHA DE AÇO
ESTUDO DE RESISTÊNCIA À
FLEXÃO**

MANUEL DA FONTE SIMÃO
RELATÓRIO DE ESTÁGIO AO ABRIGO DO PROTOCOLO COM ANET/OET
EM ENGENHARIA CIVIL

Novembro/2011





Ficha de Identificação

Nome: Manuel da Fonte Simão

Nº do Aluno: 1005421

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

Endereço electrónico: ms68@iol.pt

Licenciatura: Engenharia Civil

Estabelecimento de Ensino:

Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico da Guarda

Orientador de Estágio: Docente: Eng.º José Gonzalez

Supervisor na Entidade: Docente: Eng.º José Carlos Almeida

Entidade de Estágio:

Laboratório de Engenharia Civil do Instituto Politécnico da Guarda

Data de início de estágio: 08-03-2011

Data de fim de estágio: 08-09-2011





Agradecimentos

Queria agradecer, primeiramente à minha mãe, esposa e filho pelo esforço, ajuda e dedicação ao longo destes anos, pois sem eles não teria chegado até aqui. A eles dedico este trabalho com gratidão, apreço e consideração.

Agradeço todas as pessoas, colegas e amigos que de qualquer forma me ajudaram, direta ou indiretamente, para a elaboração deste trabalho.

Dirijo um especial agradecimento ao Professor Engenheiro José Gonzalez, meu orientador, por toda a orientação, aconselhamento, apoio e confiança que depositou em mim.

Ao Manuel Cairrão (Técnico de Laboratório), por todo o apoio e disponibilidade manifestada ao longo do período de estágio.

Obrigado a todos...





Resumo

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Estruturas no Departamento de Engenharia Civil do Instituto Politécnico da Guarda.

Teve como objetivo desenvolver um estudo laboratorial, bem como à aplicação dos conhecimentos que foram adquiridos ao longo da Licenciatura.

O relatório descreve de forma aprofundada as atividades realizadas no laboratório, na escolha dos constituintes do betão, na preparação de provetes em betão com e sem armadura, na cura e no comportamento do provete em ensaios à flexão.

A armadura utilizada no reforço do provete teve como base malha em aço de metal distendido para verificarmos a capacidade em absorver energia no ensaio à flexão, principalmente após a fratura do provete.

No ensaio à flexão com o registo da carga aplicada no provete, pretendem-se analisar algumas das características de resistência à flexão e ductilidade.

Por fim, procede-se à análise dos resultados obtidos e avaliação de desempenho do material.

Palavras-Chave: Betão, Malha metálica, Fratura, Energia e Ductilidade





Índice de Texto

Ficha de Identificação.....	iii
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Índice de Texto.....	ix
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Quadros.....	xix
Simbologia.....	xxiii
Introdução Geral.....	1
Objetivos.....	2
Organização.....	3
Capítulo I - Instituto Politécnico da Guarda.....	5
1 - Instituição.....	7
1.1 - História do Instituto Politécnico da Guarda.....	7
1.2 - A simbologia do IPG.....	8
1.3 - Departamento Laboratorial de Engenharia Civil.....	9
1.4 - O Laboratório de Estruturas e Resistência dos Materiais.....	10
Capítulo II - Investigação laboratorial.....	13
2 - Introdução.....	15
2.1 - Constituintes da matriz cimentícia simples.....	16
2.2 - Constituintes da matriz cimentícia composta.....	16
2.3 - Desenvolvimento dos meios e condições para os ensaios.....	16
2.3.1 - Os materiais utilizados.....	16
2.4 - Constituintes do betão.....	17
2.4.1 - Os agregados do betão.....	17
2.4.2 - Os agregados naturais.....	17
2.4.3 - Os agregados obtidos por britagem de materiais naturais.....	18



2.4.4 - Peneiração dos agregados.....	18
2.4.5 - Ligantes	19
2.4.6 - Adjuvantes.....	19
2.4.7 - Composição.....	20
2.5 - Equipamentos	20
2.5.1 - Moldes.....	20
2.5.2 - Armadura de reforço	21
2.5.3 - Cálculo da armadura máxima.....	22
2.6 - Plantas dos provetes A e B	24
2.6.1 - Molde A - Provete A sem armadura.....	24
2.6.2 - Molde A – Provete A armado	25
2.6.3 - Molde B – Provete B sem armadura	25
2.6.4 - Molde B – Provete B armado	26
2.7 - Equipamento de fabrico de betões	27
2.8 - Equipamento de conservação dos provetes	28
2.9 - Equipamento de ensaio.....	28
2.10 - Composição da matriz cimentícia para o fabrico dos provetes	29
2.10.1 - Composição da primeira matriz cimentícia.....	29
2.10.2 - Composição da segunda matriz cimentícia	30
2.11 - Preparação dos moldes e matriz cimentícia	30
2.11.1 - Preparação dos moldes	31
2.11.2 - Preparação do Betão.....	31
2.11.3 - Preparação do Bi-Betão.....	31
2.12 - Enchimento do molde.....	31
Capítulo III - Ensaios.....	33
3 - Introdução.....	35
3.1 - Comportamento à flexão	35
3.2 - Diferença do comportamento secção / estrutura	36
3.3 - Organograma dos ensaios com os provetes A.....	38



3.4 - Apresentação dos resultados dos ensaios com os provetes A em betão.....	39
3.4.1 - Ensaio dos provetes A em betão simples	39
3.4.2 - Ensaio dos provetes A em betão armado com malha.....	40
3.4.3 - Ensaio dos provetes A em betão armado com malha à face (*).....	43
3.4.4 - Ensaio dos provetes B em betão armado com malha reduzida (*).....	43
3.4.5 - Ensaio dos provetes A em betão armado com malha / varão (*)	44
3.5 - Valores para a representação gráfica dos ensaios em Betão	45
3.6 - Apresentação dos resultados dos ensaios com os provetes A em Bi-Betão.....	47
3.6.1 - Ensaio dos provetes A em Bi-Betão simples	47
3.6.2 - Ensaio dos provetes A em Bi-Betão armado com malha	49
3.6.3 - Valores para a representação gráfica dos ensaios com os provetes A em Bi-Betão	50
3.7 - Comparação dos resultados dos ensaios com os provetes A em Betão e em Bi-Betão	51
3.7.1 - Resultados dos ensaios com os provetes A sem armadura	51
3.7.2 - Resultados dos ensaios com os provetes A armados em malha	52
3.8 - Organograma dos ensaios com os provetes B	54
3.9 - Representação dos resultados dos ensaios com os provetes B em betão	56
3.9.1 - Ensaio dos provetes B em betão simples	56
3.9.2 - Ensaio dos provetes B em betão armado com malha	57
3.9.3 - Ensaio dos provetes B em betão armado com varão	58
3.9.4 - Ensaio dos provetes B em betão armado com malha dobrada em U	59
3.9.5 - Ensaio dos provetes B em betão armado em malha dobrado em U (2ª)	61
3.9.6 - Ensaio com os provetes B (2ª série) em betão simples e betão armado varão	63
3.9.7 - Valores para a representação gráfica dos resultados dos ensaios com os provetes B em Betão	64
3.9.8 - Análise de resultados.....	66
3.10 - Representação dos resultados dos ensaios dos provetes B em bi-betão.....	67
3.10.1 - Valores do ensaio com os provetes B bi-betão simples	67



3.10.2 - Valores do ensaio com os provetes B bi-betão armado com malha.....	69
3.10.4 - Valores do ensaio com os provetes B em bi-betão armado com varão.....	72
3.10.5 - Valores do ensaio com os provetes B bi-betão armado com varão/simples	73
3.10.6 - Valores para a representação gráfica dos resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-Betão.....	75
3.10.7 - Análise de resultados.....	76
3.11 - Comparação dos resultados	77
3.11.1 - Comparação dos resultados dos ensaios dos provetes B sem armadura	77
3.11.2 - Comparação dos resultados dos ensaios dos provetes B armados com malha.....	79
3.11.3 - Comparação dos resultados dos ensaios dos provetes B armados com varão	80
3.11.4 - Comparação dos resultados dos ensaios dos provetes B armados com malha em U.....	81
Capítulo IV - Resistência do Cimento.....	85
4 - Introdução.....	87
4.1 - Objetivo.....	87
4.2 - Condições Gerais	87
4.3 - Composição das matrizes cimentícias e fabrico do betão.	89
4.4 - A conservação	89
4.5 - Ensaio de flexão e compressão	89
4.5.1 - Ensaio de flexão.....	89
4.5.2 - Ensaio de Compressão.....	90
4.6 - Conclusão dos resultados	94
Capítulo V - Análise dos resultados e conclusão geral	95
5.1 - Análise de resultados.....	97
5.2 - Conclusão.....	97
5.3 - Desenvolvimentos futuros.....	99
Bibliografia.....	101



Anexos103



Índice de Figuras

Figura nº 1 - <i>Campus</i> do Instituto Politécnico da Guarda (IPG)	8
Figura nº 2 - Símbolo do IPG.	9
Figura nº 3 - Símbolo do Núcleo de Engenharia Civil do IPG.....	9
Figura nº 4 - Exterior do Laboratório de Engenharia Civil do IPG.....	10
Figura nº 5 - Fotografias a) e b) representam o Interior do Laboratório de Estruturas (Departamento de Engenharia Civil do IPG).....	10
Figura nº 6 - Fotografia dos peneiros na separação dos agregados finos/grossos	18
Figura nº 7 - Fotografia dos moldes: a) fotografia do molde A, b) fotografia do molde B.....	21
Figura nº 8 - Fotografias das armaduras: a) armadura em rede, b) armadura em varão e c) armadura em rede dobrada forma de U.....	22
Figura nº 9 - Representa a área do varão	22
Figura nº 10 - Fotografia representa o corte transversal do provete A armado com malha.....	23
Figura nº 11 - Fotografia corte transversal do provete B armado com malha.....	23
Figura nº 12 - Planta do provete A: BS	24
Figura nº 13 - Planta do provete A: Bi-BS	24
Figura nº 14 - Planta do provete A: BAM	25
Figura nº 15 - Planta do provete A: BAV	25
Figura nº 16 - Planta do provete B: BS	25
Figura nº 17 - Planta do provete B: Bi-BS	26
Figura nº 18 - Planta do provete B: BAM	26
Figura nº 19 - Planta do provete B. BAV	26
Figura nº 20 - Planta do provete B: BAMU	27
Figura nº 21 - Fotografia da betoneira elétrica	27
Figura nº 22 - Planta do 1º ensaio à flexão e distancias entre os apoios.	28
Figura nº 23 - Fotografia da máquina de ensaios à flexão para o 1º ensaio	28
Figura nº 24 - Planta do 2º e 3º ensaio à flexão e distancias entre os apoios.	29
Figura nº 25 - Fotografia da máquina de ensaios à flexão para o 2º e 3º ensaio	29
Figura nº 26 - Fotografia representativa da conservação dos provetes antes do desmolde	32

Figura nº 27 - Exemplos de ramificações de fendilhação ou desintegração quando existe um elemento de reforço.....	36
Figura nº 28 - Fotografias a) e b) do 1º ensaio com os provetes A em BS.....	40
Figura nº 29 - Fotografias a) e b) ensaios dos provetes A em BAM aos 7 dias	41
Figura nº 30 - Fotografias a), b) e c) ensaios dos provetes A em BAM aos 28 dias.	42
Figura nº 31 - Corte transversal do provete A em BAM	42
Figura nº 32 - Fotografias dos ensaios com os provetes A em BAM à face	43
Figura nº 33 - Fotografias a) e b) dos provetes A em BAM reduzida.....	44
Figura nº 34 - Fotografias a) e b) dos provetes A em BAM.....	45
Figura nº 35 - As fotografias a), b) e c) dos ensaios com os provetes A em Bi-BS	48
Figura nº 36 - Fotografias a), b) e c) dos provetes A em Bi-BAM.....	49
Figura nº 37 - As fotografias a) e b) do 1º ensaio dos provetes B em BS	57
Figura nº 38 - Fotografias a), b) e c) dos ensaios com os provetes B em BAM.....	58
Figura nº 39 - Fotografias a), b) e c) dos ensaios com os provetes B em BAV	59
Figura nº 40 - Fotografias do ensaio aos 7 dias com os provetes B em BAMU	60
Figura nº 41 - Fotografias do ensaio aos 28 dias com os provetes B em BAMU	60
Figura nº 42 - Fotografias a) e b) do ensaio aos 7 dias com os provetes B em BAMU	62
Figura nº 43 - Fotografias c) e d) do ensaio aos 28 dias com os provetes B em BAMU	62
Figura nº 44 - Fotografia do ensaio com o provete B em BS.....	64
Figura nº 45 - Fotografias a) e b) do ensaio com os provetes B em BAV	64
Figura nº 46 - Fotografias do ensaio com os provetes B em Bi-BS	68
Figura nº 47 - Fotografias a) e b) corte transversal dos provetes B em Bi-BS.....	68
Figura nº 48 - Fotografias a), b) e c) ensaio com os provetes B em Bi-BAM.....	70
Figura nº 49 - Fotografias a), b), c) e d) dos ensaios com os provetes B em Bi-BAM...71	
Figura nº 50 - Fotografias a), b), c) e d) dos ensaios com os provetes B em Bi-BAV73	
Figura nº 51 - Fotografias a) e b) do 2º ensaio com os provetes B em Bi-Betão	74
Figura nº 52 - Figura dos três moldes (40mmx40mm160mm).....	88
Figura nº 53 - Fotografia dos três moldes prismáticos	88
Figura nº 54 - Ensaio à flexão com os provetes prismáticos	89
Figura nº 55 - Ensaio à compressão provete (40mmx40mm)	90
Figura nº 56 - Fotografia do provete com a 1ª matriz cimentícia em ensaio à compressão	92



Figura nº 57 - Fotografia do provete com mistura com a 1ª e 2ª matriz cimentícia
em ensaio à compressão.....92

Figura nº 58 - Fotografia do provete com a 2ª matriz cimentícia em ensaio à
compressão92





Índice de Quadros

Quadro nº 1 - Atividades do Laboratório de Estruturas	11
Quadro nº 2 - Atividades do Laboratório de ensaios de Materiais	12
Quadro nº 3 - Curvas granulométricas dos materiais utilizados no programa experimental no fabrico do betão.	19
Quadro nº 4 - Quantidades dos compostos da matriz cimentícia simples.	30
Quadro nº 5 - Quantidade dos compostos da segunda matriz	30
Quadro nº 6 - Organograma dos ensaios com os provetes A	38
Quadro nº 7 - Organograma com a comparação de resultados dos ensaios com os provetes A	39
Quadro nº 8 - Resultados dos ensaios com os provetes A em BS	40
Quadro nº 9 - Resultados dos ensaios com os provetes A em BAM	41
Quadro nº 10 - Resultados dos ensaios com os provetes A em BAM	43
Quadro nº 11 - Resultados dos ensaios com os provetes A em betão armado com malha reduzida	44
Quadro nº 12 - Resultados dos ensaios com os provetes A em BAM e BAV	45
Quadro nº 13 - Valores/médias das cargas suportadas nos primeiros ensaios pelos provetes A em Betão	46
Quadro nº 14 - Cargas suportadas pelos provetes A nos primeiros ensaios aos 7 dias ...	46
Quadro nº 15 - Cargas suportadas pelos provetes A nos primeiros ensaios aos 28 dias	47
Quadro nº 16 - Resultados dos ensaios com os provetes A em Bi-BS	48
Quadro nº 17 - Resultados dos ensaios à flexão com os provetes A em Bi-BAM	49
Quadro nº 18 - Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A em Bi-Betão	50
Quadro nº 19 - Carga suportada nos ensaios aos 7 dias pelos provetes A em Bi-Betão	50
Quadro nº 20 - Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A em BS e em Bi-BS	51
Quadro nº 21 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A (BS e Bi-BS) aos 7 dias	52
Quadro nº 22 - Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A (BS e Bi-BS)	52



Quadro nº 23 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A (BAM e Bi-BAM)	53
Quadro nº 24 - Organograma dos ensaios com os provetes B.....	54
Quadro nº 25 - Organograma comparação de resultados dos ensaios com os provetes B	55
Quadro nº 26 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BS	56
Quadro nº 27 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BAM.....	57
Quadro nº 28 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BAV	58
Quadro nº 29 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BAMU (*)	60
Quadro nº 30 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BAMU (2ª)	61
Quadro nº 31 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BS e em BAV	63
Quadro nº 32 - Valores/médias das cargas no 1º ensaio do provete B em betão.....	65
Quadro nº 33 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em betão aos 7 dias...65	
Quadro nº 34 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em betão aos 28 dias.....	66
Quadro nº 35 - Valores/médios das cargas suportados nos ensaios com os provetes B em betão aos 7 e 28 dias.....	66
Quadro nº 36 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BS	67
Quadro nº 37 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BAM.....	69
Quadro nº 38 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BMU	70
Quadro nº 39 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BAV.....	72
Quadro nº 40 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BAV e Bi-BS.....	74
Quadro nº 41 - Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em Bi-Betão	75
Quadro nº 42 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em Bi-Betão aos 7 dias.....	75
Quadro nº 43 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em Bi-Betão aos 28 dias.....	76
Quadro nº 44 - Médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em Bi-Betão aos 7 e 28 dias	76
Quadro nº 45 - Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BS e Bi-BS.....	77
Quadro nº 46 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BS e Bi-BS aos 7 dias.....	78
Quadro nº 47 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BS e Bi-BS aos 28 dias.....	78



Quadro nº 48 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAM e Bi-BAM aos 7 dias	79
Quadro nº 49 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAM e Bi-BAM aos 28 dias	80
Quadro nº 50 - Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAV e Bi-BAV.....	80
Quadro nº 51 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAV e Bi-BAV aos 7 dias	81
Quadro nº 52 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAV e Bi-BAV aos 28 dias	81
Quadro nº 53 - Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAMU e Bi-BAMU	82
Quadro nº 54 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAMU e Bi-BAMU aos 7 dias	82
Quadro nº 55 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAMU e Bi-BAMU betão aos 28 dias.....	83
Quadro nº 56 - Resultados das cargas suportadas pelos provetes no 1º ensaio à flexão e compressão.....	90
Quadro nº 57 - Resultados das cargas suportadas pelos provetes no 2º ensaio à flexão e compressão.....	91
Quadro nº 58 - Resultados das cargas suportadas pelos provetes no 3º ensaio à flexão e compressão.....	91
Quadro nº 59 - Valores das cargas suportadas no ensaio à flexão aos 7 dias.....	93
Quadro nº 60 - Cargas suportadas à flexão aos 7 dias.....	93
Quadro nº 61 - Valores das cargas suportadas no ensaio compressão aos 7 dias.....	94
Quadro nº 62 - Cargas suportadas à compressão aos 7 dias	94



Simbologia

Siglas

BAr	- Bago de Arroz (agregado)
AR	- Areia do Rio (agregado)
AD	- Areia das Dunas (agregado)
SR	- Solo Residual (agregado)
As	- Área secção transversal da barra de aço
Ac	- Área da secção transversal do provete de betão
As max	- Área total das secções transversal das barras
Betão	- Matriz cimentícia simples
Bi-Betão	- Matriz cimentícia composta (dois tipos de matrizes cimentícias)
BS	- Matriz cimentícia simples sem armadura (simples)
BA	- Matriz cimentícia simples armada
BAM	- Matriz cimentícia simples armada com malha (rede em aço distendido)
BAV	- Matriz cimentícia simples armada com varão (armadura convencional)
BAMU	- Matriz cimentícia simples armada com malha dobrada em U (rede em aço distendido)
Bi-BS	- Matriz cimentícia composta sem armadura (simples)
Bi-BAM	- Matriz cimentícia composta armada com malha (rede em aço distendido)
Bi-BAV	- Matriz cimentícia composta armada com varão
Bi-BAMU	- Matriz cimentícia composta armada com malha dobrada em U (rede em aço distendido)
N/D	- Não definido





Introdução Geral

Na elaboração do relatório baseado na investigação, aborda-se a caracterização dos materiais usados, os equipamentos utilizados e finalmente as metodologias seguidas na execução dos ensaios.

Finalmente apresenta-se resultados e extraem-se conclusões.

A utilização dos compostos como materiais estruturais implica à partida a obtenção de dados, tanto no que respeita às resistências mecânicas como à durabilidade, valores estes condicionantes da utilização deste tipo de material, cujo custo elevado só pode ser rentabilizado com um valor também elevado de desempenho, ou ainda para qualquer aplicação específica.

Os ensaios realizados procuram caracterizar os compostos formados pela matriz cimentícia de alta resistência reforçada, com malhas em aço e com um recobrimento adequado.

Para a solução do problema, começamos por escolher os compostos da matriz cimentícia, agregados e adjuvantes. Nas armaduras utilizou-se sempre o mesmo tipo de aço, na armadura de malha e na armadura convencional como critério de base e por último estabelecer uma relação de igual número de varões na malha e na armadura convencional, para se poder estabelecer uma relação de eficiência (desempenho).

O papel da malha é neste programa experimental essencialmente, interromper alguma progressão de fendas e fazer manter a estrutura com capacidade de resistência ou absorção de energia, mesmo já com o betão fendilhado, e deste modo, criar assim um lento processo de rotura, caracterizado por uma assinalável deformação.

As possíveis discontinuidades, tais como poros ou microfissuras, interferem no comportamento mecânico e durabilidade do material na primeira matriz cimentícia simples, foi criada a segunda matriz cimentícia de características mecânicas fortes mais fluída na zona de armadura que por esse motivo contribui melhor para a resistência de pico.

Bastou modificar com a segunda matriz cimentícia a zona de ação da armadura para obter outros resultados de resistência mais satisfatórios.

Deve-se no entanto realçar o comportamento das armaduras embutidas em matrizes cimentícias e calcular valores para relatar parâmetros através de ensaios experimentais realizados em compostos, por isso, é necessário também estudar os mecanismos interfaciais ocorridos entre uma simples malha e uma matriz e malha duas matrizes. Se trabalhar nesta direção, é possível criar modelos que sejam mais perfeitos e seguros, e que, previsivelmente, conferir significativas melhorias no desempenho das peças estruturais, ou seja maior ductilidade, maior resistência, maior segurança.

Objetivos

O presente trabalho, tem como objetivo, estudar a resistência à rotura do betão armado, composto por matriz cimentícia e armadura de rede de metal distendido.

Malha de rede distendida e compara-la com os ganhos de resistência, relativamente ao betão simples e a um betão reforçado com armadura convencional (varões). Para isso, os provetes eram realizados com betão simples e betão composto por duas espécies e por armaduras de rede e de varões, uma combinação entre estes componentes.

Espera-se que no modo de rotura das peças armadas com rede, se verifiquem acentuadas deformações ou seja o modo de rotura dúctil.

Isto acontece por duas razões, a rede de metal apresenta uma continuidade em toda a sua extensão, transferindo tensões de zonas plastificadas para outras ainda com capacidade de deformação.

Num segundo aspeto, a matriz cimentícia mesmo fraturada continua agarrada por consequência da rede, fazendo com que mesmo em estados avançados em fendilhação mantenha um funcionamento ainda possível (absorvendo energia de deformação).

Espera-se portanto que as peças armadas, com rede apresentem grandes deformações e mesmo assim continuem em serviço.

As limitações de equipamento laboratorial só permitem a medição de resistências de pico.

Para avaliar a resistência da peça já fraturada. Os ensaios eram repetidos sobre os provetes já fraturados numa fase anterior.

Organização

O trabalho procurou também identificar outros fenómenos inerentes ao processo do fabrico de compostos da matriz cimentícia tais como variação de energia de deformação absorvida e o reforço de outra matriz cimentícia mais coesa na zona de ação da armadura.

Procurou-se conhecer no estudo as melhores respostas da armadura de reforço nos provetes quando submetidos a cargas cíclicas e ter sempre em atenção os distúrbios na estrutura.

O Cap. I resume o historial do Instituto Politécnico da Guarda.

O Cap. II relata, caracteriza os materiais e equipamento utilizado no estudo experimental.

O Cap. III aborda a avaliação do comportamento do modelo referente à absorção de energia de deformação em ensaios à flexão.

O Cap. IV relata as características da primeira matriz cimentícia simples, da segunda matriz cimentícia simples e da mistura de ambas, relatado no Cap. II, apoiado no programa de avaliação de resistência do betão em provetes prismáticos normalizados.

O Cap. V resume as conclusões do programa experimental e apresenta as linhas de investigação futuras.





Capítulo I - Instituto Politécnico da Guarda





1 - Instituição

1.1 - História do Instituto Politécnico da Guarda

O projeto de implementar o ensino superior na Guarda remonta à década de 70. Contudo, foi necessário esperar até 1979 para que fosse criada a Escola Superior de Educação (ESE), posteriormente integrada no Instituto Politécnico da Guarda. Criado em 1980, através do Decreto-Lei 303/80, de 16 de Agosto, (Ministério da Educação e da Ciência, 1980) o Instituto Politécnico da Guarda (IPG) só em finais de 1985 vê traçadas as suas bases de implementação definitiva.

A dinâmica do processo desenvolvido a partir de então vai permitir, em 1986, o início das atividades letivas da ESE, a qual começou por lecionar os cursos de Educação de Infância e de Professores do Ensino Básico, com as variantes de Educação Física, Educação Musical e Português - Francês. No ano seguinte, a Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG) iniciou também a sua atividade letiva.

O IPG foi um dos primeiros estabelecimentos de ensino superior a ver aprovados os seus estatutos, homologados pelo Despacho Normativo n.º765/94, (Ministério de Educação, 1994). Desta forma, ficou constituído juridicamente como pessoa coletiva de direito público, dotada de autonomia estatutária, científica, pedagógica, administrativa, financeira, disciplinar e patrimonial. O IPG era, até esta data, constituído por duas Escolas Superiores.

No ano de 1999 foi criada a Escola Superior de Turismo e telecomunicações (devido à reestruturação efetuada nas diversas unidades do IPG a Escola Superior de Turismo e Telecomunicações mudou a sua denominação, sendo denominada atualmente por Escola Superior de Turismo e Hotelaria (ESTH), localizada na cidade de Seia.

Pelo Decreto-Lei n.º480/88, de 23 de Dezembro, (Ministério da Saúde, 1998) o Ensino de Enfermagem foi integrado no Ensino Superior Politécnico. A 15 de Setembro de 1989, a Escola de Enfermagem, através da Portaria n.º 821789, (Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, 1989) foi convertida em Escola Superior de Enfermagem (ESEnf), mantendo-se sob a tutela exclusiva do Ministério da Educação. Em 2001, através da publicação do Decreto-Lei n.º99/2001, de 28 de Março, (ME, 2001) a ESEnf

foi integrada no IPG, mantendo, no entanto, uma certa autonomia. Em 2005 foi convertida em Escola Superior de Saúde (ESS), com perspectivas de abertura de novos cursos na saúde. Facto que veio a acontecer logo no ano letivo de 2005 – 2006 com o início do Curso Bietápico de Licenciatura em Farmácia. Presentemente, esta última denomina-se Escola Superior de Saúde da Guarda (ESSG).

Atualmente o IPG é formado por quatro Escolas Superiores, ministrando cursos de licenciatura, Pós-Licenciatura, Especialidades e com a implementação do processo de Bolonha, iniciou também os Cursos de Mestrado.



Figura nº 1 – *Campus do Instituto Politécnico da Guarda (IPG)*

Área total: 12,6 hectares

Edifícios do Campus: Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Edifício Central, Cantina I, Gabinete Médico, Biblioteca, Piscina, Campo Polidesportivo, e Residências. www.ipg.pt

1.2 - A simbologia do IPG

Na figura n.º 2, apresenta-se o símbolo do Instituto Politécnico da Guarda, neste estão gravados os símbolos mais emblemáticos da Cidade da Guarda.



Figura nº 2 - Símbolo do IPG.

Na ESTG encontra-se o Núcleo de Engenharia Civil, que está representado pelo símbolo da figura nº.3, e para investigação por parte dos professores e alunos, encontra-se o Laboratório no Departamento de Engenharia Civil.



Figura nº 3 - Símbolo do Núcleo de Engenharia Civil do IPG.

1.3 - Departamento Laboratorial de Engenharia Civil

O Laboratório de Engenharia Civil do IPG é constituído por cinco laboratórios:

- Laboratório de Hidráulica (Recursos Hídricos e Ambiente)
- Laboratório de Geotecnia 1 (Rochas)
- Laboratório de Geotecnia 2 (Solos)
- Laboratório de Física das Construções (Acústica)
- Laboratório de Materiais de Construção (Estruturas e Resistência dos Materiais)



Figura nº 4 - Exterior do Laboratório de Engenharia Civil do IPG

1.4 - O Laboratório de Estruturas e Resistência dos Materiais

As imagens seguintes mostram o interior do laboratório de estruturas e resistência dos materiais, com equipamento adequado para o desenvolvimento das atividades laboratoriais.

a)



b)



Figura nº 5 - Fotografias a) e b) representam o Interior do Laboratório de Estruturas (Departamento de Engenharia Civil do IPG)

1.5 - Estrutura do Laboratório

O quadro seguinte, representa as atividades para que o laboratório está preparado. As descrições foram retiradas de num quadro junto ao laboratório.

Quadro nº 1 - Atividades do Laboratório de Estruturas

Laboratório de Estruturas	
Objetivos: <ul style="list-style-type: none">- Apoio didático e pedagógico aos alunos da instituição.- Apoio à investigação e formação.- Apoio às empresas de construção civil e obras públicas.- Apoio à indústria de pré-fabricação de elementos estruturais.- Apoio às empresas de fiscalização e consultoria.	Atividades: <ul style="list-style-type: none">- Análise do comportamento de estruturas.- Simulação Numérica -Bidimensional. -Tridimensional.- Experimental - Modelos reduzidos. - Modelos à escala real.
Instrumentação de estruturas existentes e análise do seu comportamento:	
<ul style="list-style-type: none">- Acções estáticas.- Acções dinâmicas. <p>Estudo de patológicas em estruturas.</p> <p>Estudo de reabilitação e reforço de estruturas existentes.</p>	

Quadro nº 2 - Atividades do Laboratório de ensaios de Materiais

Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none">- Apoio didático e pedagógico aos alunos a instituição.- Apoio à investigação e formação.- Apoio às empresas de construção civil e obras públicas.- Apoio à indústria de pré-fabricação de elementos estruturais.	
Ensaios	
Agregados:	Betões:
<ul style="list-style-type: none">- Análise granulométrica de areias e britas.- Determinação do teor em partículas finas e materiais solúveis.- Massas volúmicas e absorção da água em britas e areias.- Determinação da baridade- Determinação dos teores em água superficiais- Determinação dos teores em água total- Ensaios dos desgastes pela máquina de Los Angeles.- Ensaios de desgaste do Dorry- Estudo da forma de partículas	<ul style="list-style-type: none">- Determinação do abaixamento do Betão (<i>Slump test</i>).- Determinação da resistência à compressão.- Determinação da resistência à flexão.- Determinação da massa volúmica do betão fresco- Determinação do teor de ar em argamassa- Determinação do teor ar em betões- Determinação da dilatação e contracção das massas de betão- Ensaio de penetração (pistola de Windsor)- Ensaio ultra-sónico (Pundit)
Ligantes:	Diversos:
<ul style="list-style-type: none">- Determinação da resistência mecânica- Determinação dos tempos de presa- Determinação do resíduo de peneiração- Determinação de massa volúmica- Determinação de expansibilidade.	<ul style="list-style-type: none">- Ensaios de resistências ao gelo e degelo com câmara de vácuo.- Ensaio de envelhecimento e câmaras climáticas



Capítulo II - Investigação laboratorial



2 - Introdução

A utilização de materiais para reforço de estruturas de betão armado já é muito antiga, mas, a utilização da malha distendida, como material de reforço, ainda não há conhecimento de qualquer estudo, devido ao facto deste material ser muito recente.

Para o estudo, e tendo em consideração a disponibilidade do equipamento, foi escolhido como ensaio representativo das características do material a caracterizar, o ensaio de flexão e de acordo com a Norma Portuguesa EN 206-1 2007 [1].

Os provetes foram então obtidos por moldagem de prismas com as dimensões aproximadas de 385x100x50 (mm).

O primeiro ensaio à flexão foi realizado em 4 pontos, seguindo os procedimentos estabelecidos para o mesmo.

Terminado o primeiro ensaio à flexão, se o provete apresenta continuidade de malha, é submetido de novo a um segundo ensaio à flexão, em 3 pontos, caso se verifique as mesmas características em relação á continuidade da malha este é submetido de novo a um terceiro ensaio em 3 pontos.

Este procedimento visa caracterizar a resistência residual após o primeiro ensaio.

Os provetes foram ensaiados em duas posições horizontais e verticais, como forma de evidenciar a capacidade do material.

No presente capítulo aborda-se a caracterização dos ligantes, agregados e adjuvantes do betão, o material usado, equipamentos utilizados e composição dos dois tipos de matrizes cimentícia na execução dos ensaios à flexão.

Todos os componentes, no fabrico das matrizes são utilizados com vista a melhorar as características do betão e resistência a esforços de flexão, bem como os dois tipos de provetes do nosso estudo.

2.1 - Constituintes da matriz cimentícia simples

O betão é uma mistura composta de cimento, água, ar e conjunto de agregados de diferentes dimensões e adjuvantes. A mistura é constituída por proporções pré-definidas de cimento e água como composição principal e um conjunto de agregados, areias finas, areias grossas ou areão e adjuvantes.

Esta matriz cimentícia simples, designa-se como Betão, vai servir para desenvolver um estudo experimental, em ensaios à flexão com provetes em betão sem armadura e betão com armadura.

2.2 - Constituintes da matriz cimentícia composta

Esta matriz cimentícia composta é construída de forma, que a zona de armadura ofereça maior resistência durante o processo de fratura que ocorre na flexão do provete. A matriz é constituída por duas partes, primeira a matriz cimentícia simples designada como Betão, a segunda matriz, constituída por outra mistura, que envolve a zona da armadura. O conjunto destas duas matrizes cimentícias vai designar-se por Bi-Betão.

2.3 - Desenvolvimento dos meios e condições para os ensaios

2.3.1 - Os materiais utilizados

*2-Colher de pedreiro	*2 – Recipientes 1 litro
*Agitador de peneiros	*Alicate de corte
*Fita métrica de (2 m)	* Régua de 30 cm
*Martelo	*Pincel
*Película aderente	*Betoneira (misturadora)
*Serra elétrica corte (pedra)	* 6- Moldes (385x100x50 mm)
*Pistola de colagem (10-carregadores)	* Desconfrante



- *Balança digital de 0,5g até 1250g
- *3- Moldes de (160mm x 40 mm x 40 mm)
- *Série de Peneiros (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", 4, 8, 16, 30, 50, 100 e 200)
- *Câmara de cura (temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e uma humidade relativa superior a 90%)
- *Máquina de ensaio de resistência à flexão
- *Mesa vibratória (3600 vibrações/minuto)
- *4 - Tabuleiros metálicos (500x300x50 mm)
- *Malha em aço (1000 x 500 x 0,8 mm)
- *Máquina de ensaio de resistência à compressão
- *Máquina de cortar pedra

2.4 - Constituintes do betão

2.4.1 - Os agregados do betão

Os agregados utilizados no trabalho são materiais de origem natural, materiais britados e materiais artificiais com partículas de tamanho e forma adequados para o fabrico do betão.

No fabrico das matrizes, usa-se os agregados de tal forma que as partículas sejam aglomeradas pelas partículas de cimento. Devem ser utilizadas partículas com dimensão possível e compatível com o trabalho, com granulometria controlada dos agregados do betão.

2.4.2 - Os agregados naturais

- Areia do Rio – proveniente da zona de Viseu e apresentava-se limpa de detritos orgânicos e minerais.

- Areia das Dunas – esta areia fina de grãos redondos, proveniente da zona de Leiria, apresentava-se limpa de detritos orgânicos e minerais.
- Solo Residual – Solo arenoso da região da Guarda, apresentava-se com detritos orgânicos e minerais.

2.4.3 - Os agregados obtidos por britagem de materiais naturais

- Areão granítico britado designado por Bago de Arroz – Britas formadas por minerais graníticos da região, provenientes da pedreira da Arrifana - Guarda e com tamanho já definido.

2.4.4 - Peneiração dos agregados

A peneiração a seco dos agregados é efetuado através de uma série de peneiros de abertura normalizada, pesagem das parcelas dos agregados obtidas e calculadas frações granulométricas.

Para uma uniformidade dos agregados, com base na Norma Portuguesa 12620 de 2004 (Agregados para Betão) [2], nos agregados como solo residual, areia de bago de arroz, areia do rio e areia das dunas, obtida a granulometria para verificar as dimensões dos agregados.

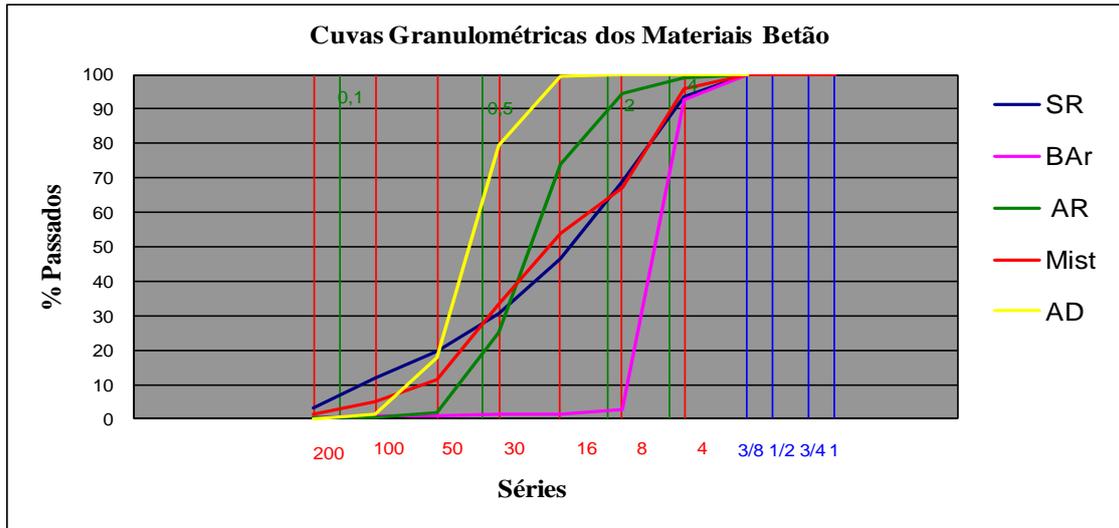
A granulometria, tem a finalidade de controlar a variabilidade dos agregados finos/grossos e determinar as propriedades físicas apropriadas. A figura seguinte mostra a peneiração dos agregados.



Figura nº 6 - Fotografia dos peneiros na separação dos agregados finos/grossos

No gráfico seguinte representa as curvas granulométrica dos agregados areias e britas, com os valores retirados do anexo 1. Uma terminologia abreviada foi utilizada para referenciar os materiais, Solo Residual – SR, Areia Bago de Arroz – BAr, Areia do Rio – AR e Areia das Dunas – AD.

Quadro nº 3 - Curvas granulométricas dos materiais utilizados no programa experimental no fabrico do betão.



2.4.5 - Ligantes

O ligante principal utilizado foi o Cimento *Portland* de 42.5 fabricado pela CIMPOR. Tendo em vista a necessidade de se obter uma matriz de bom desempenho, capaz de resistir aos ciclos de fadiga. As características deste material são fornecidas em anexo 2.

2.4.6 - Adjuvantes

Os adjuvantes que foram utilizados para a elaboração de matriz cimentícia Betão, para o desempenho adequado a fins experimentais são: *Sikament* da *Sika* (super-plastificante / forte redutor de água), as propriedades deste material são fornecidas pelo anexo 3, *Sikalatex* da *Sika* (resina de aderência e estanquicidade), as propriedades deste material são fornecidas pelo anexo 4. Estes componentes são utilizados para melhorar as propriedades mecânicas e físicas das matrizes.

Os adjuvantes utilizados para a construção da matriz cimentícia Bi-Betão, são os adjuvantes constituintes da matriz cimentícia Betão, o adjuvante da segunda matriz cimentícia, que tem como objetivo dar maior resistência na zona da armadura é o *Sika-Grout* da *Sika* e as propriedades deste material são fornecidas pelo anexo 5.

2.4.7 - Composição

A composição da primeira matriz cimentícia: Cimento (16 %), BAr (26 %), AR (19 %), AD (9,5%), SR (19 %), *Sikalatex* (0,87 %) e *Sikament* (0,13 %).

A composição da segunda matriz cimentícia: *Sika-Grout* (70 %), BAr (23 %).

2.5 - Equipamentos

Os principais equipamentos utilizados no programa experimental dividem-se em três grupos principais: os de fabrico de argamassas/betões, os de cura e finalmente os de ensaio.

2.5.1 - Moldes

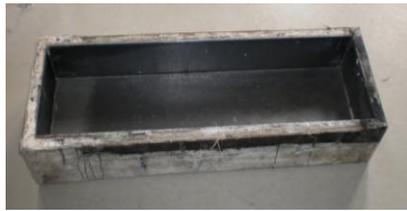
No estudo experimental, foram utilizados seis moldes iguais com 385x100x50mm, estas dimensões são do interior do molde. O molde utiliza-se em duas posições:

Molde A - comprimento 385mm, largura 100mm e altura 50mm, para obtermos o provete A.

Molde B - comprimento 385mm, largura 50mm e altura 100mm, para obtermos o provete B.

O molde B tem como a base, a altura do molde A e vice-versa. As fotografias seguintes mostram os moldes.

a)



b)

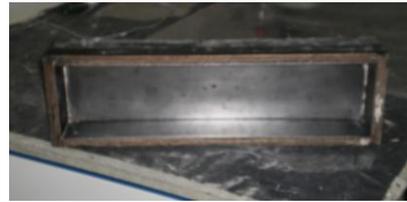


Figura nº 7 - Fotografia dos moldes: a) fotografia do molde A, b) fotografia do molde B.

2.5.2 - Armadura de reforço

A malha ou rede em aço é a armadura utilizada para reforçar as estruturas de Betão e de Bi-Betão, ou seja Betão armado (BA) e Bi-Betão armado (Bi-BA), no trabalho experimental com o intuito de dar maior resistência aos provetes. Esta rede é adquirida em chapas (1000x500x0.8mm).

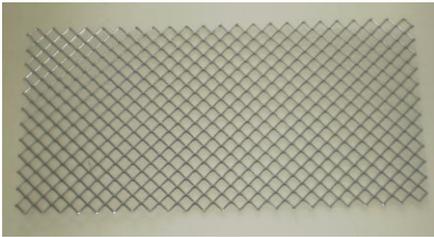
No reforço dos compostos, utiliza-se sempre o mesmo tipo de aço, na armadura em malha e em armadura convencional (varão), mas para tal foi necessário cortar a rede de aço ou malha, com as medidas adequadas para reforçar a base do tipo de molde em estudo.

O número de armadura convencional ou varão é determinado pela pesagem equivalente da armadura em malha necessária para o reforço do mesmo provete.

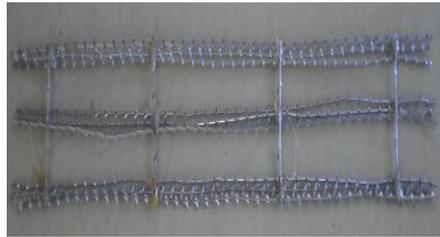
O molde A armadura em malha pesa ± 56 gramas, para a armadura em varão equivale a 24 varões (agrupados em 6 grupos com 4 varões cada), para o molde B a armadura em malha pesa ± 29 gramas, para a armadura em varão equivale a 9 varões (agrupados em 3 grupos com 3 varões cada).

A figura nº 8, constituída pelas fotografias a), b) e c), mostram a armadura em rede de aço distendida, armadura em varão e a armadura em rede dobrada em forma de U, respetivamente.

a)



b)



c)

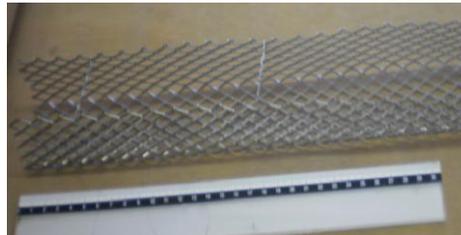


Figura nº 8 - Fotografias das armaduras: a) armadura em rede, b) armadura em varão e c) armadura em rede dobrada forma de U.

Os provetes para o estudo experimental com o composto Betão, incide em BS (betão simples), BAM (betão armado em malha), BAV (betão armado em varão), BAMU (betão armado em malha dobrada em U). Para o composto Bi-Betão, incide em BS (betão simples), BAM (betão armado em malha), BAV (betão armado em varão), BAMU (betão armado em malha dobrada em U).

2.5.3 - Cálculo da armadura máxima

Para o cálculo da armadura máxima de cada provete [1]. Foi necessário medir o perímetro do varão para o cálculo da área da armadura.

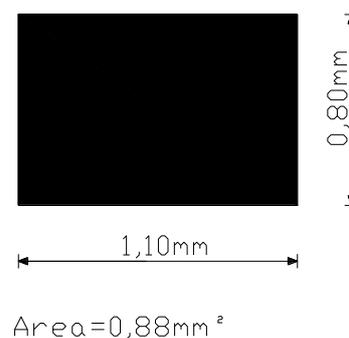


Figura nº 9 - Representa a área do varão

Provete A

Podemos verificar no corte transversal do provete A armado em malha o número de varões na base.



Figura nº 10 - Fotografia representa o corte transversal do provete A armado com malha

Cálculo da armadura máxima no provete A.

$$A_s = n^{\circ} \text{ barras} \times A \quad A_s = 24 \times 0,88 = 21,12 \text{ mm}^2$$

$$A_c = \text{base} \times \text{altura} \quad A_c = 100 \times 50 = 5000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0,04 \times A_c \quad A_{s \text{ max}} = 0,04 \times 5000 = 200 \text{ mm}^2$$

$$A_s < A_{s \text{ max}} \quad 21,12 \text{ mm}^2 < 200 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Provete B

Podemos verificar no corte transversal do provete B armado em malha o número de varões na base.



Figura nº 11 - Fotografia corte transversal do provete B armado com malha

Cálculo da armadura máxima no provete B.

$$A_s = n^{\circ} \text{ barras} \times A \quad A_s = 9 \times 0,88 = 7,92 \text{ mm}^2$$

$$A_c = \text{base} \times \text{altura} \quad A_c = 50 \times 100 = 5000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0,04 \times A_c \quad A_{s \text{ max}} = 0,04 \times 5000 = 200 \text{ mm}^2$$

$$A_s < A_{s \text{ max}} \quad 7,92 \text{ mm}^2 < 200 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

2.6 - Plantas dos provetes A e B

As figuras seguintes, representam as plantas dos dois tipos de provetes experimentais simples e armados, que se conjugam com os dois tipos de matrizes cimentícias Betão e matrizes cimentícias Bi-Betão.

2.6.1 - Molde A - Provede A sem armadura

Provede A Betão (composto por uma matriz)

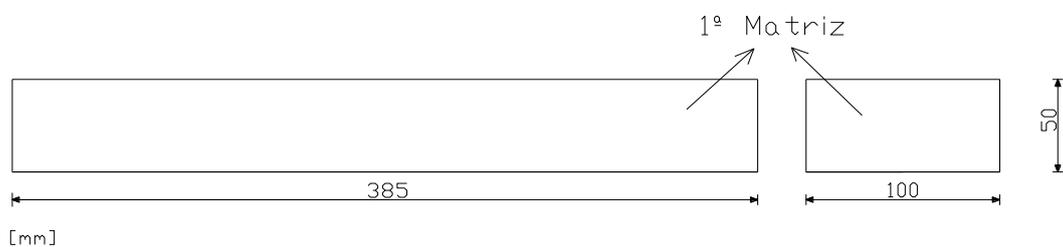


Figura nº 12 – Planta do provete A: BS

Provede A BI-Betão (composto por duas matrizes)

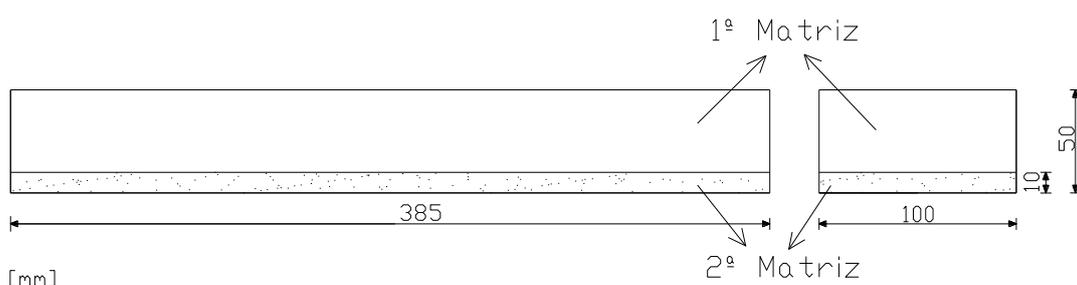


Figura nº 13 – Planta do provete A: Bi-BS

2.6.2 - Molde A – Provete A armado



Figura nº 14 - Planta do provete A: BAM

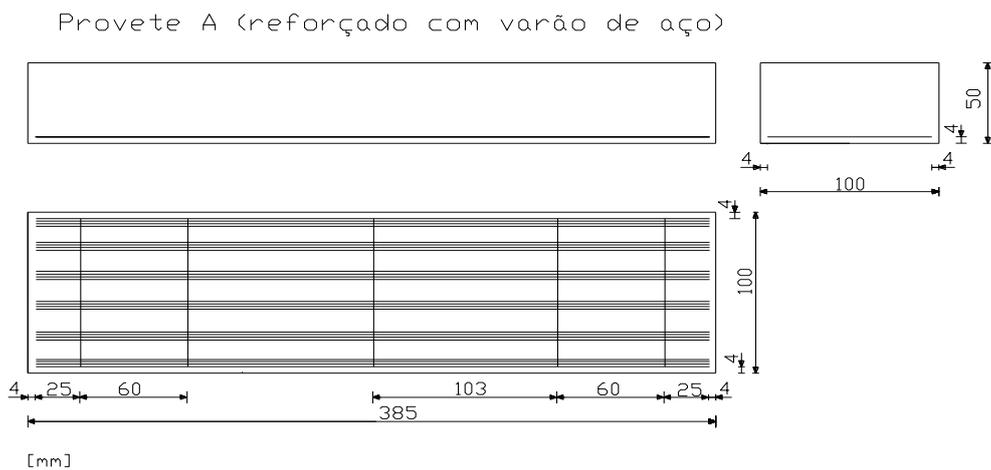


Figura nº 15 - Planta do provete A: BAV

2.6.3 - Molde B – Provete B sem armadura

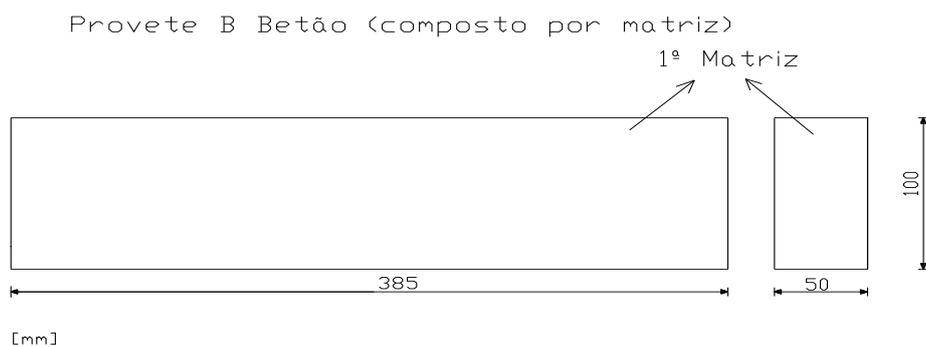


Figura nº 16 - Planta do provete B: BS

Provete B BI-Betão (composto por duas matrizes)

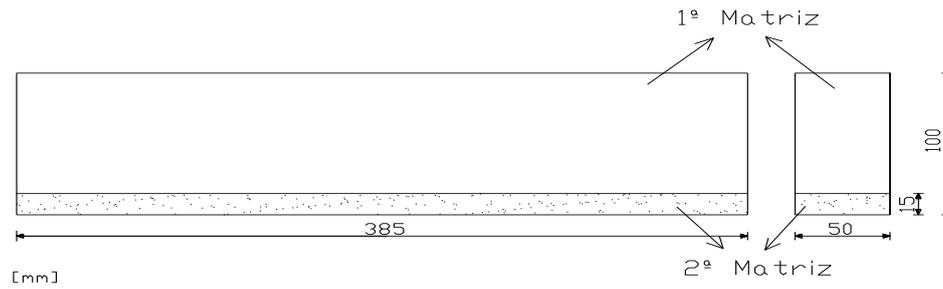


Figura nº 17 - Planta do provete B: Bi-BS

2.6.4 - Molde B – Provete B armado

Provete B (reforçado com malha de aço)

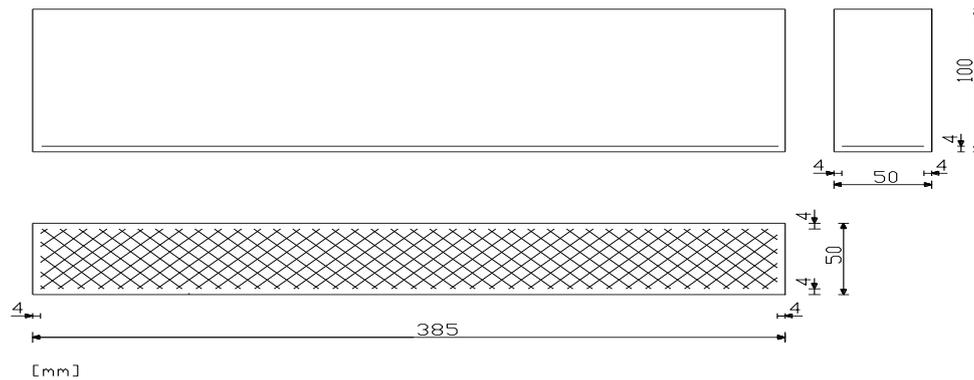


Figura nº 18 - Planta do provete B: BAM

Provete B (reforçado com varão de aço)

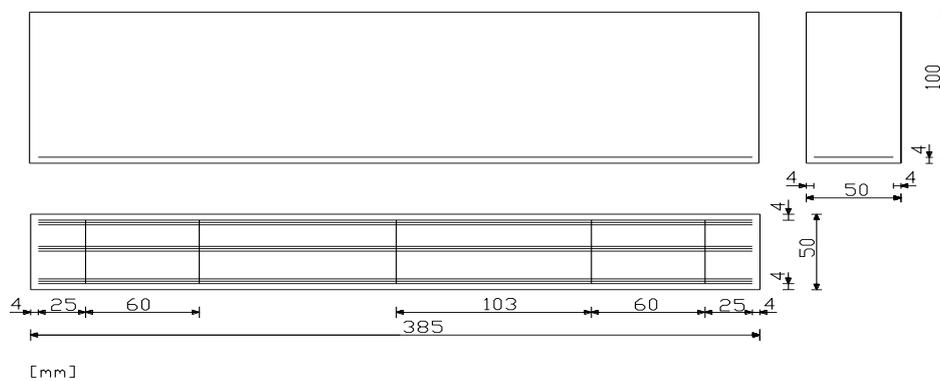


Figura nº 19 - Planta do provete B: BAV

Provete B (reforçado com malha de aço em forma de U)

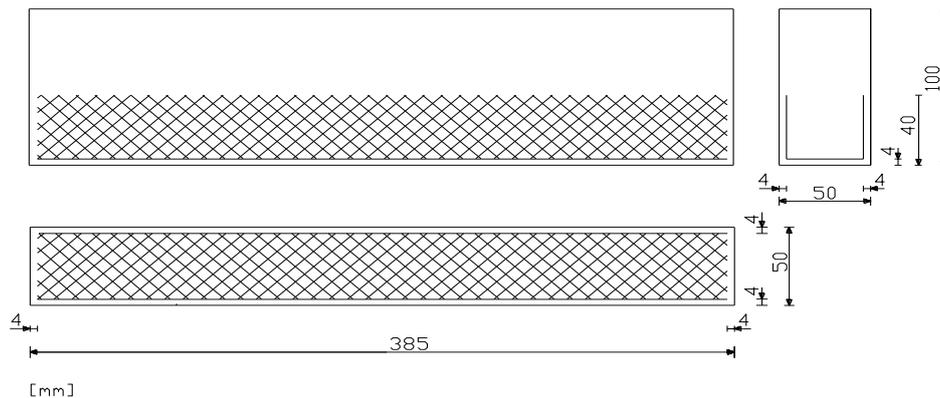


Figura nº 20 - Planta do provete B: BAMU

A armadura em U é efetuada nos moldes B, a malha em forma de U, serve para reforçar a base e as paredes laterais com a malha até uma determinada altura e que abrange a zona de maior deformação do provete.

2.7 - Equipamento de fabrico de betões

A betoneira de eixo vertical da figura nº 21, foi utilizada durante todo o período, para o fabrico de betões da matriz cimentícia Betão, destinados ao fabrico de provetes. Esta betoneira com velocidade controlada de baixa rotações durante a fase de mistura dos componentes líquidos, dos ligantes e dos agregados. O fabrico da segunda matriz utiliza-se um recipiente com capacidade de 1 litro e uma colher de pedreiro para se efetuar a mistura dos seus constituintes.



Figura nº 21 - Fotografia da betoneira elétrica

2.8 - Equipamento de conservação dos provetes

Conservação do provete, nas primeiras 24 horas e antes do desmolde, o molde é tapado com uma película aderente de plástico.

Câmara de cura destina-se a conservar os provetes até ao ensaio que são realizados aos 7 e 28 dias depois do desmolde, num ambiente ideal para a cura do betão. Câmara de cura, no seu interior, mantêm uma temperatura de 20 ± 2 °C e uma humidade relativa superior a 90%.

2.9 - Equipamento de ensaio

A máquina de ensaio de resistência à flexão com a velocidade de carregamento controlada de 2,500 kN/seg., permite a definição da carga máxima que o provete suporta em ensaio à flexão, com quatro pontos e seguidamente ensaios com três pontos.

O estudo experimental do provete, baseia-se no registo da carga máxima que pode suportar. Para tal o 1º ensaio à flexão é de quatro pontos no provete, dois pontos de apoios e dois pontos de aplicação da carga na parte superior como podemos verificar na planta e figura seguinte.

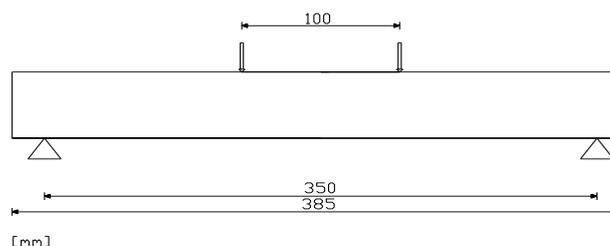


Figura nº 22 - Planta do 1º ensaio à flexão e distancias entre os apoios.



Figura nº 23 – Fotografia da máquina de ensaios à flexão para o 1º ensaio

Enquanto o provete não esgotar a sua capacidade de resistência no 1º ensaio, o mesmo provete será submetido a um 2º e 3º ensaio, até se esgotar a sua capacidade de resistência. Com a figura seguinte podemos verificar as distâncias dos 3 pontos de aplicação das cargas.

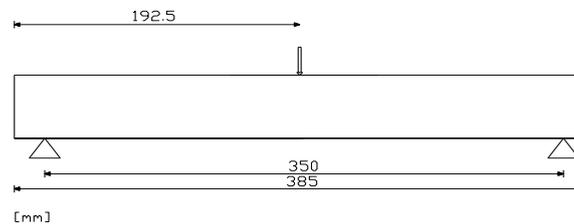


Figura nº 24 - Planta do 2º e 3º ensaio à flexão e distancias entre os apoios.



Figura nº 25 - Fotografia da máquina de ensaios à flexão para o 2º e 3º ensaio

Com base NP EN 12350 – 1 [4] e NP EN 12390-2 2005 [5], quando o ensaio é feito, existe um controle e são revistos todos os processos ao longo do ensaio.

2.10 - Composição da matriz cimentícia para o fabrico dos provetes

Para a composição das matrizes cimentícias, no ponto 2.4.7 deste capítulo fez-se referência às percentagens dos compostos, sendo as quantidades para os provetes descritas neste parágrafo.

2.10.1 - Composição da primeira matriz cimentícia

A composição da primeira a matriz ou matriz cimentícia simples designado por Betão, é

constituído por: Cimento, BAr, AR, AD, SR, Água, *Sikalatex* e *Sikament*, o quadro seguintes faz referência às quantidades para cada provete.

Quadro nº 4 – Quantidades dos compostos da matriz cimentícia simples.

Nº Provete	Cimento (g)	BAr (g)	A R (g)	AD (g)	SR (g)	Água (g)	<i>Sikalatex</i> (g)	<i>Sikament</i> (g)
1	780	1300	936	468	936	435	40	6,3

Cada amassadura é feita para seis provetes, sendo a quantidade total seis vezes os valores acima referidos no quadro.

2.10.2 – Composição da segunda matriz cimentícia

A composição da segunda matriz cimentícia é constituída por *Sika-Grout*, BAr e Água. Este composto tem que ser feito em pequenas quantidades, devido à rapidez do endurecimento.

Quantidade para este composto no quadro seguinte.

Quadro nº 5 - Quantidade dos compostos da segunda matriz

<i>Sika-Grout</i> (g)	B. A. (g)	Água (g)
2400	800	288

2.11 - Preparação dos moldes e matriz cimentícia

Quando chega a fase de preparação dos moldes e do fabrico da argamassa, caso se trate de provetes reforçados com armadura, temos que ter previamente a armadura preparada, para a série de provetes que se vai fabricar, porque pode-se tratar de armadura em malha, armadura em varão e armadura em malha dobrada em U.

2.11.1 – Preparação dos moldes

Os moldes têm que estar bem limpos sem qualquer resíduo, e é preparado um desconfrante que se aplica a pincel em todas as faces, para facilitar a retirada do provete, do interior do molde sem qualquer problema.

2.11.2 – Preparação do Betão

O produto Betão é feito na betoneira em quantidade suficiente para os 6 provetes, vai misturar todos os constituintes já anteriormente referidos.

Para o início da mistura, a betoneira começa com uma velocidade lenta na introdução dos componentes do betão, após ± 30 segundos de mistura, coloca-se o misturador à velocidade rápida para continuar a amassadura.

Pára-se o misturador cerca de ± 90 segundos, retirar de imediato com ajuda de uma colher conveniente, todo o betão aderente às paredes, fundo do recipiente e colocá-lo no meio do misturador, para a humidade se manter por mais tempo e facilitar a retirada.

2.11.3 - Preparação do Bi-Betão

Começamos por prepara os compostos do Betão, só depois de concluída a amassadura, se passa para a segunda matriz cimentícia, por ser feita em pequenas quantidades dentro de um recipiente adequado, através de uma colher de pedreiro. Deitar a água no recipiente e introduzir o *sika-grout* mais BAr, com as quantidades já anteriormente referenciadas. Deve-se deixar bem claro, que este betão, além de ser muito fluido reage rápido. O somatório destes dois compostos obtém-se o composto de Bi-Betão.

2.12 - Enchimento do molde

O enchimento do provete deve ser realizado logo a seguir à preparação do betão. Colocar o molde junto da misturadora, introduzir diretamente do recipiente da

betoneira, por uma ou mais vezes, com uma colher de pedreiro, a primeira de duas camadas de betão, esta deve ocupar um pouco mais de metade do provete.

Em seguida, coloca-se o molde, na mesa vibratória para ser vibrado por três vezes (duração de cada vibração é de 5 segundos) e depois de encher o molde, coloca-se de novo na mesa vibratória para vibrar por três vezes, nivela-se e retirar com a régua, pano ou colher os resíduos de betão que ficam no perímetro do mesmo como consequência do nivelamento. Posteriormente colocar sobre os moldes uma película de plástico para conservar a humidade durante ± 24 horas numa superfície horizontal, só depois do desmolde dos provetes são colocados na câmara de cura até à data do ensaio. Os procedimentos são conforme a norma [5].



Figura nº 26 - Fotografia representativa da conservação dos provetes antes do desmolde



Capítulo III – Ensaios



3 – Introdução

A capacidade de carga de uma matriz cimentícia está relacionada com a estrutura sólida do material, composta pelos grãos de agregado e as ligações entre eles a partir dos produtos de hidratação. O ganho de resistência relaciona-se com o grau de hidratação do ligante, ao formar as ligações entre os grãos de agregado. A perda de resistência pode ser interpretada como um mecanismo inverso de ganhos de resistência, ao serem quebradas as ligações diminuindo desse modo a capacidade global de transferência de carga [6].

Por ser considerado um material frágil, devido à forma e propagação da 1ª fenda até à rotura ser muito rápida, resulta de uma dispersão nos resultados obtidos, daí se realizarem vários ensaios para estabelecer um valor médio.

3.1 - Comportamento à flexão

A presença da armadura de aço pode provocar aleatoriamente a dispersão constituída por obstáculos à propagação da fratura. Uma fratura pode então ser dispersa em várias outras mais estreitas, ou seja, a ramificação da fratura é produzida pela transferência de tensão para as regiões vizinhas através da armadura que se interpõe no seu percurso. Neste processo, energia adicional é requerida para efetuar o desvio ao longo da armadura, ou provocando o desligamento da matriz. Num caso ou noutro, verifica-se a ramificação ou multiplicação da fratura, tornando muitas vezes impossível determinar a sua verdadeira dimensão [6].

O fenómeno da fratura múltipla aparece nos materiais mais frágeis de matriz cimentícia, quando existe um eficiente sistema de reforço, transformando-o num material mais dúctil, aí podem-se praticamente esgotar a capacidade de resistência.

Os materiais frágeis podem então ser transformados, em certa medida, em materiais plásticos ao lhes ser incorporado elementos de reforço, armadura, o que constitui um dos objetivos da utilização dos materiais compostos. Adicionar o reforço pretende reduzir e controlar o fenómeno da fissuração e ao mesmo tempo conferir melhorias nas

capacidades de absorção de energia no processo de tensão/extensão a que o material vai estar submetido.

3.2 – Diferença do comportamento secção / estrutura

As estruturas são compostas por inúmeras secções pelo que, o efeito da fendilhação ou ruínas em algumas secções (perda de rigidez brusca nessa secções), que conduz à diminuição gradual de rigidez da estrutura. Assim podemos representar alguns exemplos dos possíveis comportamentos das estruturas, quando são submetidas a esforços à flexão [7].

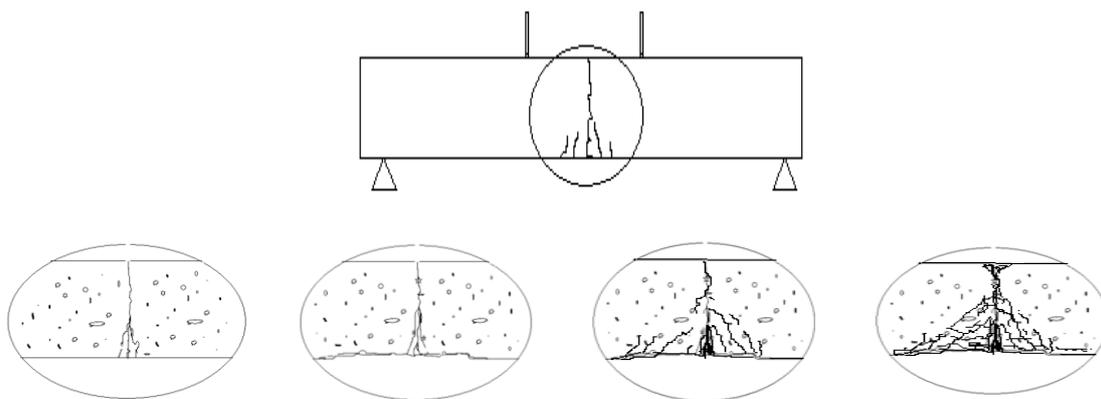


Figura n° 27 – Exemplos de ramificações de fendilhação ou desintegração quando existe um elemento de reforço.

Nos provetes sem armaduras com o aparecimento da fenda, essa provoca no provete a rotura total. Já a compreensão nos modos de desintegração ou fendas, em provetes com armadura são de grande importância devido ao reforço do betão.

A fendilhação ou degradação são de grande importância e não se pode ignorar as fendas frágeis, porque consoante as dimensões das fendas se avalia o risco de rotura.

No estudo experimental pode-se observar em cortes nos provetes, falhas nas ligações entre os compostos e a argamassa, poderá ser causada pela fraqueza da matriz cimentícia.

Nos provetes com armadura em malha nos ensaios à flexão, verifica-se um destacamento do composto da armadura na secção do recobrimento, ou seja, a fenda propaga-se na horizontal junto da armadura e na vertical próxima do centro.



Mas nos provetes com armadura em malha dobrada em forma de U nos ensaios à flexão, verifica-se as mesmas situações e também um esmagamento do betão na parte interior do provete.

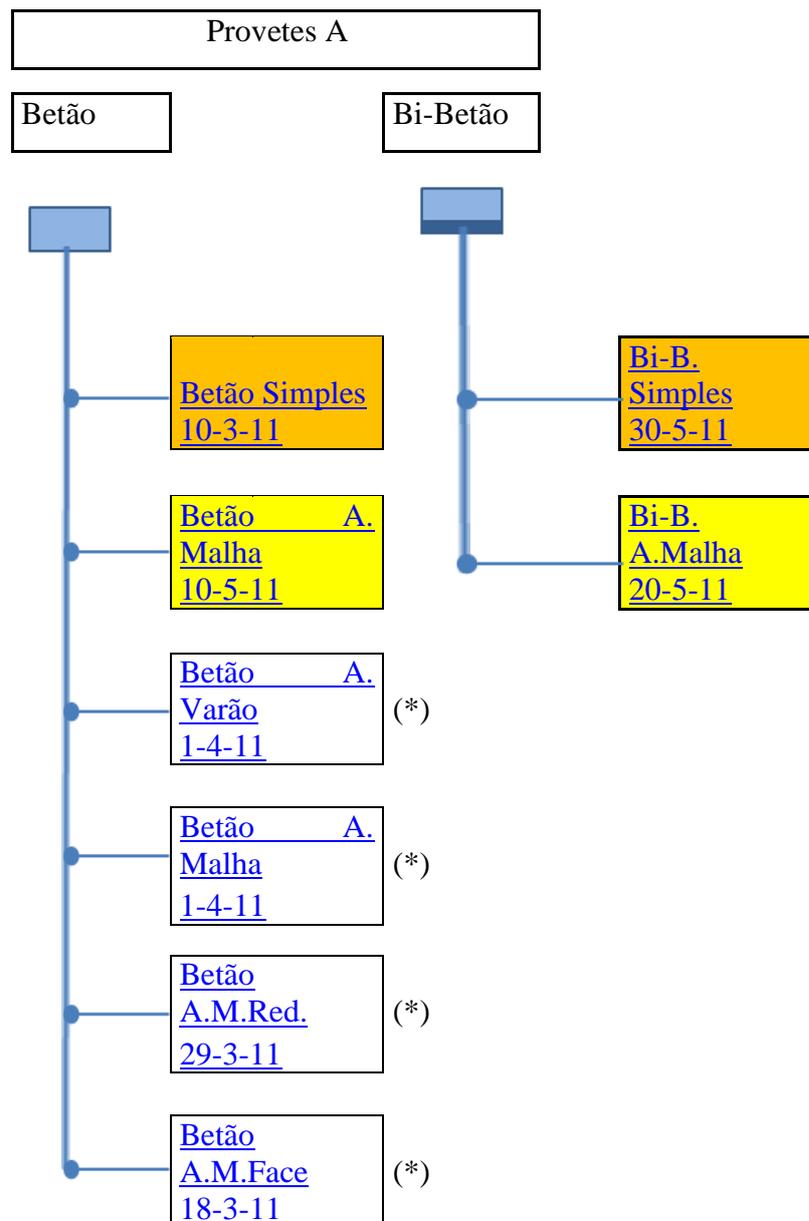
O provete que resiste ao 1º ensaio, quando é submetido ao 2º e 3º ensaio verifica-se uma cedência da armadura no interior do provete e que vai provocar uma destas situações de rotura.

- Esmagamento do betão
- Rotura em parte ou total da armadura.

3.3 – Organograma dos ensaios com os provetes A

Com o seguinte organograma pretende-se resumir a sequência dos ensaios com os provetes A, fabricados com os compostos Betão e Bi-Betão.

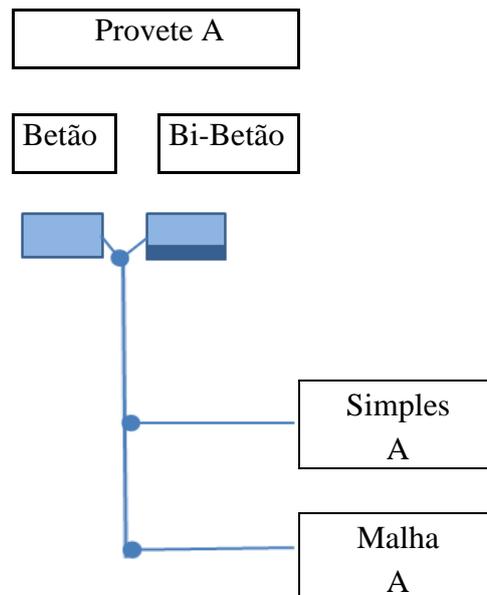
Quadro nº 6 - Organograma dos ensaios com os provetes A



(*) – Os ensaios que por motivos de deficiência de fabrico dos provetes, verificado no recobrimento da armadura, na montagem da armadura não se fizeram comparações com outros resultados. Mas são representados os quadros com registo dos valores da máquina de ensaios à flexão e as fotografias pós-ensaios para demonstrar as fissuras dos provetes retirados do anexo 6.

O organograma seguinte mostra a série de ensaios com os provetes A, onde se comparam os valores das cargas suportadas no 1º ensaio, em Betão e em Bi-Betão, com e sem armadura.

Quadro nº 7 - Organograma com a comparação de resultados dos ensaios com os provetes A



3.4 – Apresentação dos resultados dos ensaios com os provetes A em betão

Os valores para os quadros dos ensaios com os provetes A, são fornecidos pelo anexo 6, que resultam de registos automáticos de uma máquina de ensaios à flexão.

3.4.1 - Ensaio dos provetes A em betão simples

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios à flexão, com os provetes A em BS. Nos ensaios dos 7 dias verificou-se uma falha nos registos dos valores de fadiga (*stress*).

Quadro nº 8 - Resultados dos ensaios com os provetes A em BS

Data de Betonagem :10-3-2011		Dimensões:		Provetes 385 x 100 x 50 mm						
Provete (A): Betão Simples				Dist. entre apoios: 350 mm						
Peso em gramas; Força em kN				Largura do provete: 100 mm						
				Altura do provete: 50 mm						
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos		
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Armação (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)
7-dias	1	4536		3,21						ND
	2	4475		2,95						ND
	3	4432		3,26						ND
Média				3,14						
28-dias	4	4462		3,18	3,82					ND
	5	4380		3,38	4,06					ND
	6	4374		3,22	3,86					ND
Média				3,26						
Nota:		No primeiro ensaio à flexão, em 4 pontos, os provetes partiram.								

O comportamento destes provetes em BS em ensaios aos 7 e 28 dias, são muito idênticos, porque só resistem ao 1º ensaio, não explora a capacidade resistência do material à flexão, e está associada a uma baixa capacidade de carga (condicionada pela fendilhação) e a uma rotura frágil. As fotografias seguintes mostram o 1º ensaio e a rotura do provete verifica-se sempre próximo do centro entre os pontos de aplicação da carga superior.

a)



b)



Figura nº 28 – Fotografias a) e b) do 1º ensaio com os provetes A em BS

3.4.2 - Ensaio dos provetes A em betão armado com malha

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios à flexão, com os provetes A em BAM.

Quadro nº 9 – Resultados dos ensaios com os provetes A em BAM

Data da Betonagem :10-05-2011		Dimensões:		Provete 385x100x50 (mm)							
Provete (A): Betão armado em malha				Armação 370*10 (mm)							
Peso em gramas; Força em kN				Dist. entre apoios: 350 mm							
Recobrimento de = 4 mm				Largura do provete: 100 mm							
				Altura do provete: 50 mm							
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)	
7-dias	1	4517	55,81	4,65	5,574	2,48	2,974	2,14	2,572	13	
	2	4656	55,68	5,06	6,069	2,54	3,048	2,00	2,40	N/D	
	3	4550	55,52	4,64	5,565	2,30	2,760	1,85	2,224	6	
Média				4,78		2,44		2,00			
28-dias	4	4567	54,81	5,32	6,385	2,72	3,266	2,28	2,734	6	
	5	4522	55,10	5,08	6,091	2,73	3,28	2,34	2,805	6	
	6	4517	55,51	4,98	5,982	2,92	3,508	2,41	2,894	4	
Média				5,13		2,79		2,34			

Nota: Após o 1º ensaio à flexão, em 4 pontos, seguidamente foi realizado sobre o mesmo provete, 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos.

Podemos verificar nos dados do quadro nº 9, o provete nº2 no ensaio aos 7 dias, não resistiu ao 3º ensaio mas no 1º ensaio foi o que absorveu mais energia de deformação. Enquanto todos os outros resistiram e foi possível medir a flecha. A energia de deformação absorvida pelos provetes, no 2º ensaio teve uma redução $\pm 50\%$, relação ao 1º, mas o 3º teve uma redução $\pm 20\%$ em relação ao 2º ensaio.

Nos ensaios aos 28 dias, com betão endurecido, existe aumento da taxa de energia de deformação absorvida $\pm 10\%$, em relação aos ensaios de 7 dias.

As fotografias seguintes resultam do ensaio aos 7 dias.

a)



b)



Figura nº 29 – Fotografias a) e b) ensaios dos provetes A em BAM aos 7 dias

Os provetes apresentam uma fissura vertical e uma fissura horizontal onde o betão de recobrimento se desliga da armadura na zona central ficando a malha sem proteção. Fica a ideia que a malha quando submetida à flexão provoca um corte no betão e a energia é

distribuída pela malha. Mas o provete A em BAM, além da fratura, não apresenta esmagamento do betão nem corte na malha.

a)



b)



c)



Figura nº 30 – Fotografias a), b) e c) ensaios dos provetes A em BAM aos 28 dias.

No ensaio de 28 dias, podemos verificar uma fissura horizontal e a separação do betão de recobrimento da armadura na zona central, na fotografia b) o provete apresenta duas fissuras na vertical, enquanto nos restantes apresentam só uma. Os provetes com o betão endurecido a taxa de energia absorvida é superior mas os provetes apresentam-se mais deformados.

Com a máquina de cortar pedra é efetuado um corte nos provetes, para se verificar espessura do recobrimento da malha [1] e as características do composto Betão.

A fotografia seguinte mostra um corte no provete.



Figura nº 31 – Corte transversal do provete A em BAM

3.4.3 – Ensaio dos provetes A em betão armado com malha à face (*)

O quadro seguinte, representa os resultados dos provetes A, em betão com armadura em malha à face.

Quadro nº 10 – Resultados dos ensaios com os provetes A em BAM

Data betonagem 18-03-2011		Dimensões:		Provete 385x100x50 (mm)							
Provete (A): Betão armado em malha		Armação 370*10 (mm)		Dist. entre apoios: 350 mm							
Peso em gramas; Força em kN				Largura do provete: 100 mm							
Recobrimento á face (1mm)				Altura do provete: 50 mm							
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Armação (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)	
7-dias	1	4548	56,40	4,53	5,436	2,90	3,479	2,23	2,671	9	
	2	4643	56,30	4,83	5,789	2,88	3,451	2,41	2,890	6	
	3	4614	55,80	4,51	5,416	2,49	2,983	1,80	2,162	11	
	Média			4,62		2,76		2,15			
28-dias	4	4487	59,00	5,13	6,153	3,26	3,911	2,25	2,695	10	
	5	4589	58,90	5,27	6,323	2,89	3,471	2,35	2,817	6	
	6	4593	56,60	4,89	5,873	2,42	2,904	1,89	2,268	5	
	Média			5,10		2,86		2,16			

Nota: Após o 1º ensaio à flexão, em 4 pontos, seguidamente foi realizado sobre o mesmo provete, 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos.

a)



b)



Figura nº 32 – Fotografias dos ensaios com os provetes A em BAM à face

As fotografias mostram que a malha se encontra desligado do betão, mas mesmo assim, não se verificou qualquer corte na malha.

3.4.4 - Ensaio dos provetes B em betão armado com malha reduzida (*)

O quadro seguinte, representa os resultados dos provetes A, em BAM, mas com armadura reduzida a 50%, relativamente aos outros ensaios.

Quadro nº 11 – Resultados dos ensaios com os provetes A em betão armado com malha reduzida

Data betonagem 29-03-2011		Dimensões:		Provetes com 385 x 100 x 50 mm							
Provete (A): Betão armado em malha				Dimensão armadura 370x50 mm							
Peso em gramas; Força em kN				Dist. entre apoios: 350 mm							
Recobrimento = 5 mm				Largura do provete: 100 mm							
				Altura do provete: 50 mm							
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Armação (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)	
7-dias	1	4518	29,30	3,32	3,989	1,62	1,945	1,43	1,721	10	
	2	4520	28,95	3,42	4,102	1,88	2,258	1,67	2,000	7	
	3	4583	29,28	3,51	4,214	1,87	2,245	1,59	1,911	7	
Média				3,42		1,79		1,56			
28-dias	4	4574	29,31	3,78	4,531	1,87	2,241	1,65	1,983	5	
	5	4585	29,14	3,68	4,413	1,52	1,822	0,52	0,622	ND	
	6	4541	29,90	3,61	4,328	1,58	1,895	1,43	1,716	15	
Média				3,69		1,66		1,20			

Nota: Após o 1º ensaio à flexão, em 4 pontos, seguidamente foi realizado sobre o mesmo provete, 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos.

a)



b)



Figura nº 33 – Fotografias a) e b) dos provetes A em BAM reduzida

Verificou-se no provete A de BAM reduzida de 50%, que se excede no recobrimento da malha, mas em todos os provetes a malha resiste aos três ensaios, sem se registar qualquer rotura na malha.

3.4.5 – Ensaio dos provetes A em betão armado com malha / varão (*)

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios aos 7 dias, foi fabricado 3 provetes com BAM e 3 provetes com BAV, os varões foram colados, a armadura ficou com 9mm de recobrimento.

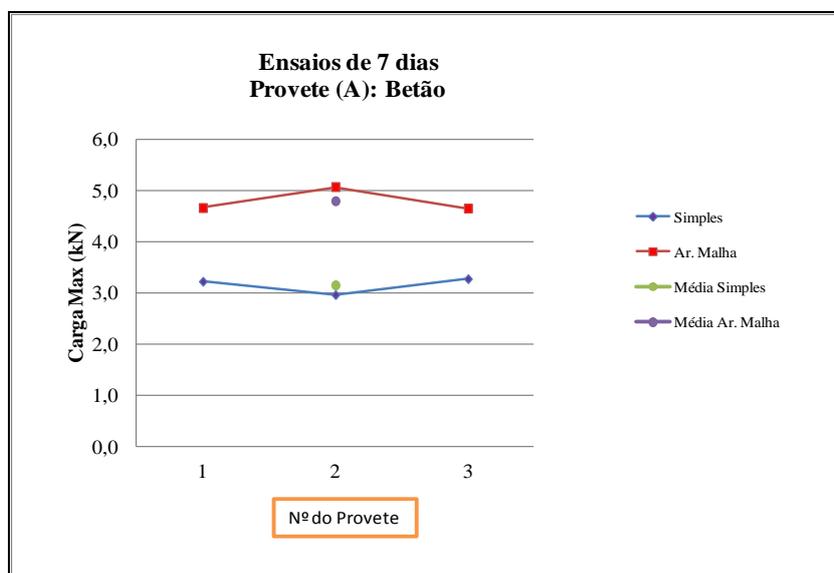
leituras realizadas através da instrumentação já anteriormente referidas. Os valores são do 1º ensaio, que representa uma taxa de 75% a 100%, da energia de deformação absorvida suportada pelo provete.

Quadro nº 13 – Valores/médias das cargas suportadas nos primeiros ensaios pelos provetes A em Betão

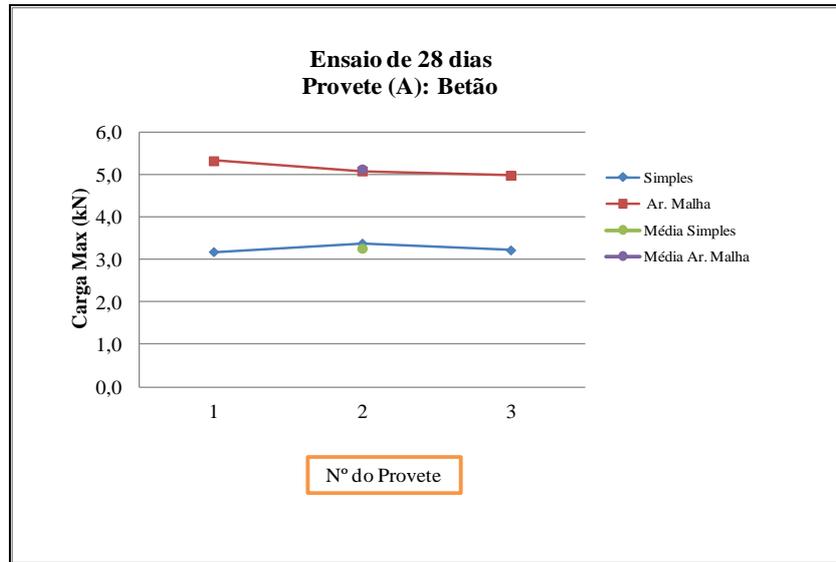
Provete (A): Betão		Carga Max (kN)	
10-03-2011	07 dias	3,21	3,14
Simples		2,95	
		3,26	
28 dias	3,18	3,26	
	3,38		
	3,22		
10-05-2011	07 dias	4,65	4,78
Armado Malha		5,06	
		4,64	
28 dias	5,32	5,13	
	5,08		
	4,98		

Os resultados de ensaios com dois modelos do provete A: BS e BAM.

Quadro nº 14 – Cargas suportadas pelos provetes A nos primeiros ensaios aos 7 dias



Quadro nº 15 – Cargas suportadas pelos provetes A nos primeiros ensaios aos 28 dias



Os ensaios de BS, são os resultados obtidos pelo betão sem qualquer armadura. A energia obtida é só do betão simples.

Nos ensaios com BAM, resultados são superiores a todos os outros, porque com a armadura de reforço e um recobrimento de 4 mm a energia de deformação absorvida é distribuída pela malha. O desligamento do betão de recobrimento da malha é consequência da deformação da mesma, resultante numa maior absorção de energia [6].

3.6 - Apresentação dos resultados dos ensaios com os provetes A em Bi-Betão

As tabelas com os valores, resultam dos dados fornecidos pela máquina de ensaios à flexão, que se encontram no anexo 6 e que correspondente à matriz cimentícia Bi-Betão.

3.6.1 – Ensaio dos provetes A em Bi-Betão simples

O quadro seguinte mostra o resultado dos ensaios à flexão dos provetes A, sem qualquer armadura ou seja Bi-BS.

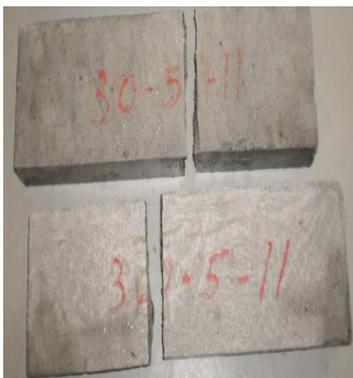
Quadro nº 16 - Resultados dos ensaios com os provetes A em Bi-BS.

Data da Betonagem: 30-05-2011			Dimensões: Provede 385x100x50 (mm)							
Provede (A): Bi-Betão Simples			Dist. entre apoios: 350 mm							
Peso em gramas; Força em kN			Largura do provede: 100 mm							
			Altura do provede: 50 mm							
			1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provede Nº	Peso do Provede (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)
7-dias	1	4441		3,84	4,605					N/D
	2	4457		3,74	4,489					N/D
	3	4460		3,70	4,435					N/D
Média				3,76						
28-dias	4	4517		3,97	4,763					N/D
	5	4656		4,43	5,314					N/D
	6	4570		4,60	5,522					N/D
Média				4,33						
Nota: No primeiro ensaio à flexão, em 4 pontos, os provetes partiram.										

Os provetes só resistem ao 1º ensaio à flexão, após ser exercida alguma força e com o aparecimento da primeira fenda, de imediato se dá a rotura, ou seja não se verifica um aviso prévio. Com o betão endurecido a taxa de energia absorvida tem um aumento de $\pm 15\%$ em relação ao betão não endurecido.

As figuras seguintes apresentadas em fotografias mostram os provetes A em Bi-BS, em que a rotura ocorreu dentro da distância que separa as duas cargas superiores, conforme nos mostra a imagem seguinte.

a)



b)



c)



Figura nº 35 – As fotografias a), b) e c) dos ensaios com os provetes A em Bi-BS

Com os cortes efetuados nos provetes, verificamos algumas características das duas matrizes cimentícias Bi-Betão, altura da segunda matriz na base, apresenta uma cor mais escura, mais coesa, na primeira matriz ou composto Betão, mostra alguns agregados soltos por existir pouca coesão entre os materiais constituintes do composto.

3.6.2 – Ensaio dos provetes A em Bi-Betão armado com malha

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios à flexão dos provetes A em Bi-BAM, foram fabricados 3 provetes para o ensaio aos 7 dias.

Quadro nº 17 - Resultados dos ensaios à flexão com os provetes A em Bi-BAM

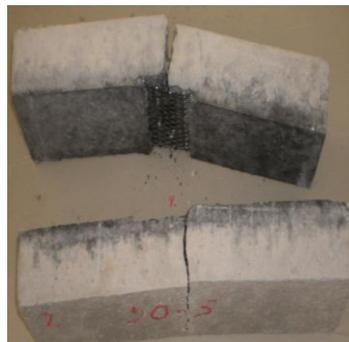
Data da Betonagem :20-05-2011				Dimensões: Provete 385x100x50 (mm)							
Provete (A): Bi- Betão Armado em Malha				Armação 370*10 (mm)							
Peso em grama; Força em kN				Dist. entre apoios: 350 mm							
Recobrimento de = 4 mm				Largura do provete: 100 mm							
				Altura do provete: 50 mm							
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)	
7 dias	1	4570	58,61	6,18	7,418	4,14	4,964	3,19	3,820	10	
	2	4447	58,82	5,55	6,656	3,03	3,641	1,86	2,24	10	
	3	4484	58,60	5,53	6,635	3,51	4,207	3,07	3,678	11	
Média				5,75		3,56		2,71			
Nota: Após o 1º ensaio à flexão, em 4 pontos, seguida foi realizado sobre o mesmo provete, 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos. Só foram realizados 3 provetes, ensaios aos 7 dias.											

Verificou-se uma fenda no 1º e 2º provete, no 3º provete duas fendas, no final do 3º ensaio, só a malha resiste na totalidade em todos os provetes como o afastamento do betão de recobrimento da malha na zona de maior taxa de energia absorvida. Os valores de energia absorvida pelos provetes nos ensaios à flexão, reduzem do 1º para o 2º, do 2º para o 3º ensaio, $\pm 40\%$ e de $\pm 25\%$ respetivamente.

a)



b)



c)



Figura nº 36 – Fotografias a), b) e c) dos provetes A em Bi-BAM

Nos cortes dos provetes, verificamos algumas das características dos compostos que constituem os provetes, bem como o recobrimento da armadura com 4 (mm) e que a armadura encontra-se na zona da segunda matriz cimentícia.

3.6.3 – Valores para a representação gráfica dos ensaios com os provetes A em Bi-Betão

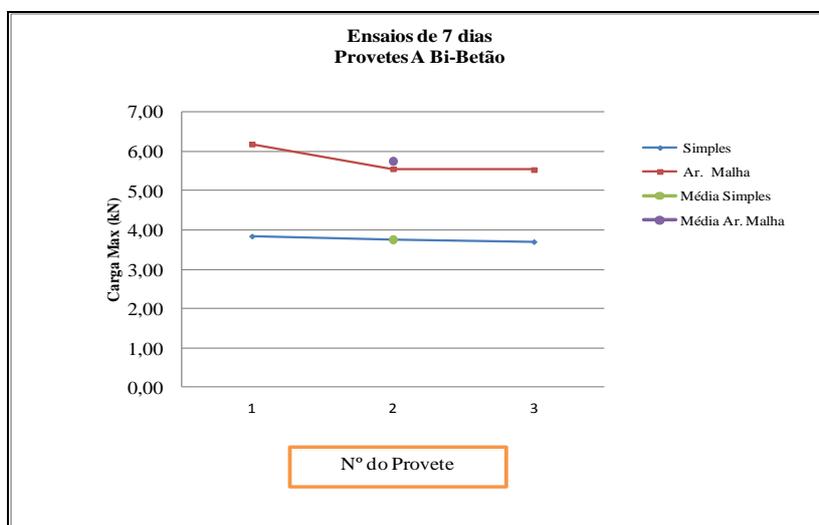
De seguida apresenta-se um conjunto de resultados, os valores são obtidos automaticamente através da máquina de ensaio à flexão. É de salientar que só são do 1º ensaio, com aplicação da carga em dois pontos.

Quadro nº 18 – Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A em Bi-Betão

Provete (A): Bi Betão		Carga max (kN)	
30-05-2011	07 dias	3,84	3,76
Simples		3,74	
		3,70	
28 dias	3,97	4,05	
	4,43		
	4,6		
20-05-2011	07 dias	6,18	5,75
Armado Malha		5,55	
		5,53	
28 dias			

A energia absorvida é superior $\pm 35\%$ dos provetes com armadura de reforço em relação aos provetes sem reforço.

Quadro nº 19 – Carga suportada nos ensaios aos 7 dias pelos provetes A em Bi-Betão



3.7 - Comparação dos resultados dos ensaios com os provetes A me Betão e em Bi-Betão

A comparação dos resultados com o mesmo tipo de provetes e armadura mas com diferente matriz cimentícia (Betão e Bi-Betão).

3.7.1 – Resultados dos ensaios com os provetes A sem armadura

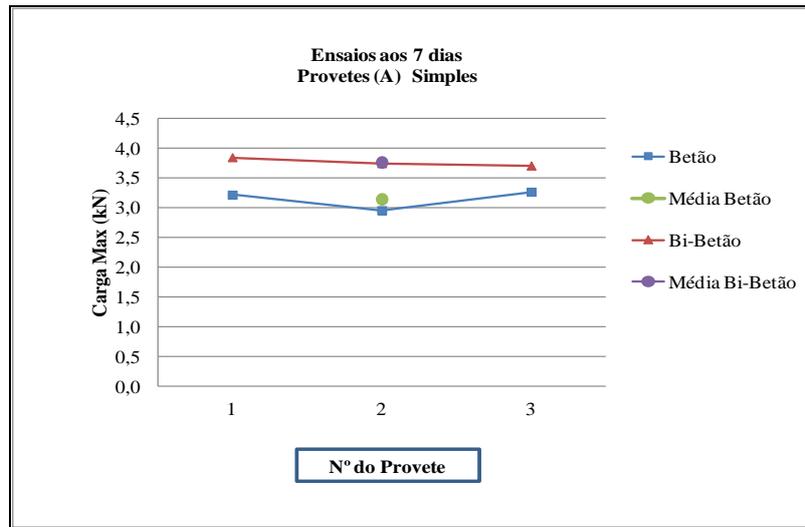
O quadro seguinte representa os valores e as médias das cargas exercidas no 1º ensaio com os provetes A em BS e Bi-BS, estes valores são retirados das tabelas atrás demonstradas para estes provetes.

Quadro nº 20 – Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A em BS e em Bi-BS

Provete (A)	Simples	Carga Max (kN)	Média (kN)
10-03-2011	07 dias	3,21	3,14
Betão		2,95	
		3,26	
28 dia	3,18	3,26	
	3,38		
	3,22		
30-05-2011	07 dias	3,84	3,76
Bi-Betão		3,74	
		3,70	
28 dias	3,97	4,33	
	4,43		
	4,60		

A energia absorvida é superior nos provetes em Bi-Betão simples em relação aos provetes em Betão simples, $\pm 15\%$ nos compostos não endurecidos e $\pm 25\%$ nos compostos endurecidos.

Quadro nº 21 – Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A (BS e Bi-BS) aos 7 dias



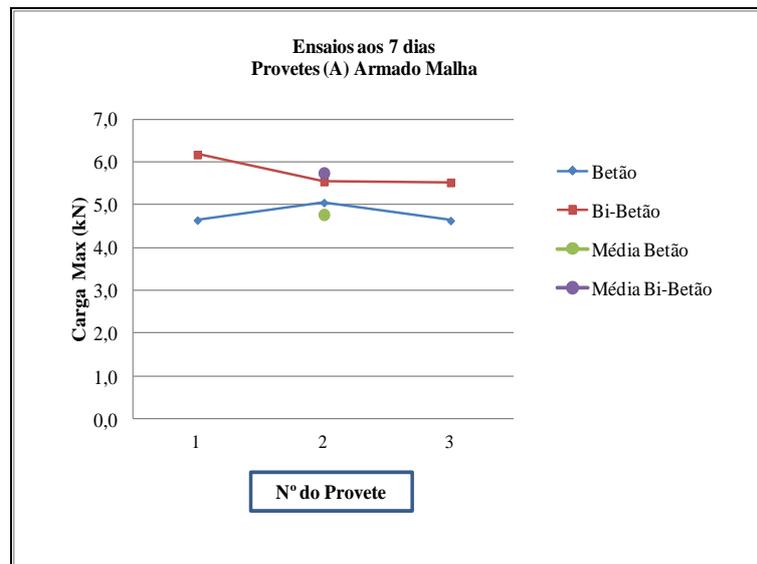
3.7.2 – Resultados dos ensaios com os provetes A armados em malha

O quadro seguinte representa os valores e as médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A, em BAM e Bi-BAM, estes valores são retirados das tabelas atrás demonstradas para estes provetes.

Quadro nº 22 – Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A (BS e Bi-BS)

Provede (A) Ar. Malha	Carga Max (kN)	Média (kN)	
Betão	10-05-2011	4,65	
	07 dias	5,06	
		4,64	4,78
		5,32	
	28 dias	5,08	
		4,98	5,13
5,32			
Bi-Betão	20-05-2011	6,18	
	07 dias	5,55	
		5,53	5,75
		5,53	
	28 dias		
		#DIV/0!	

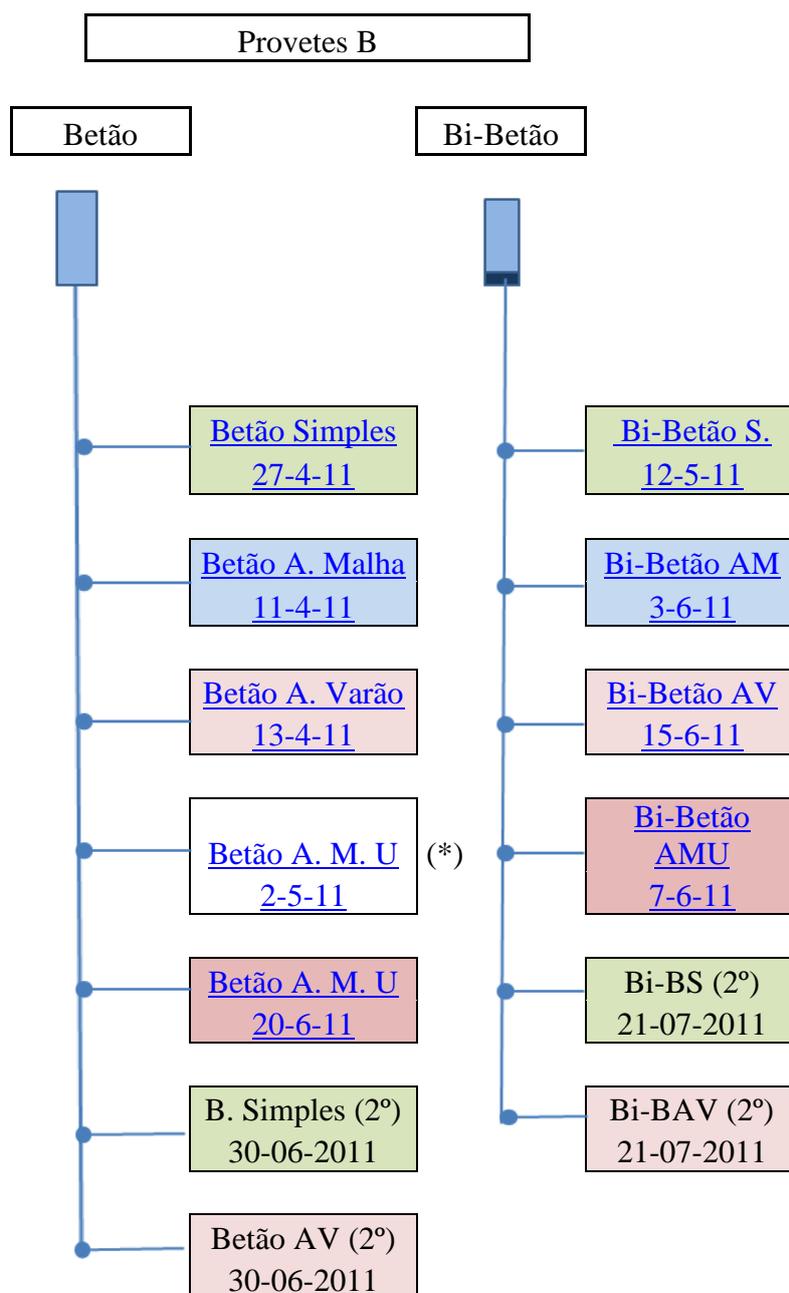
A energia absorvida é superior nos provetes em Bi-Betão armado em relação aos provetes em Betão armado, $\pm 18\%$ nos compostos não endurecidos.

Quadro n° 23 – Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes A (BAM e Bi-BAM)

3.8 – Organograma dos ensaios com os provetes B

Este organograma que se apresenta pretende resumir a sequência dos ensaios com os provetes B, fabricados com os compostos de Betão e Bi-Betão.

Quadro nº 24 - Organograma dos ensaios com os provetes B

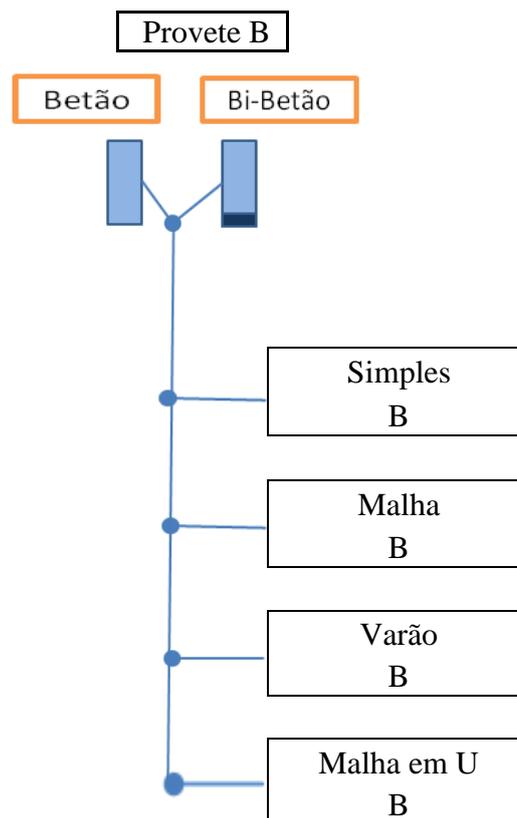


(*) – Os ensaios que por motivos de deficiência de fabrico dos provetes, verificado no recobrimento da armadura, na montagem da armadura, não se fizeram comparações com outros resultados. Mas são representados os quadros com registo dos valores da máquina de ensaios à flexão e as fotografias pós-ensaios para demonstrar as fissuras dos provetes.

Em alguns ensaios, verificou-se falhas no fabrico dos provetes, logo foram necessário efetuar uma segunda série de ensaios com o mesmo tipo de armadura. As falhas foram registadas na primeira série, no recobrimento da malha nos provetes BAMU, por se colarem os varões para serem fixos nos provetes BAV e nos provetes Bi-BAV os valores de energia de deformação absorvidos apresentaram deficiências.

O organograma seguinte mostra a série de ensaios com os provetes B, onde se comparam os valores das cargas suportadas no 1º ensaio, em Betão e em Bi-Betão, sem armadura e com os diferentes tipos de armadura.

Quadro nº 25 – Organograma comparação de resultados dos ensaios com os provetes B



3.9 - Representação dos resultados dos ensaios com os provetes B em betão

Os valores para os quadros dos ensaios com os provetes B, são fornecidos pelo anexo 7, que resultam de registos automáticos de uma máquina de ensaios à flexão.

3.9.1 - Ensaio dos provetes B em betão simples

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios à flexão, com os provetes B em BS.

Quadro nº 26 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BS

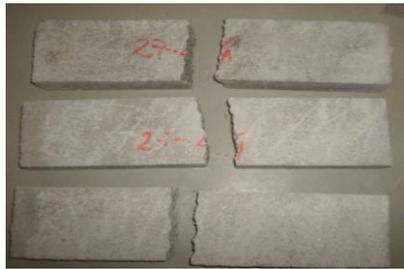
Data da Betonagem: 27-04-2011		Dimensões: Provede 385x50x100 (mm)								
Provede (B): Betão Simples		Dist. entre apoios: 350 mm								
Peso em gramas; Força em kN		Largura do provede: 50 mm								
		Altura do provede: 100 mm								
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos		
Data Ensaio	Provede Nº	Peso do Provede (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)
7-dias	1	4518		4,95	0,74					
	2	4496		5,07	0,76					
	3	4362		5,24	0,79					
Média				5,09						
28-dias	4	4445		6,62	0,99					
	5	4430		6,11	0,92					
	6	4440		5,37	0,81					
Média				6,03						

Nota: Após o primeiro ensaio de flexão, em 4 pontos, seguidamente foi realizado sobre o mesmo provede, o 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos.

As fotografias seguintes mostram o comportamento dos ensaios dos provetes B em BS, aos 7 e 28 dias. Os provetes com o betão endurecido absorvem uma energia superior \pm 15% e relação aos provetes com o betão não endurecidos. Nas duas séries mostram comportamentos idênticos, porque só resistem ao 1º ensaio, com o aparecimento da fenda de imediato se dá a rotura comportamento de um material frágil.

As fotografias seguintes mostram o 1º ensaio, a rotura do provede que se verifica sempre próximo do centro entre os pontos de aplicação da carga superior.

a)



b)



Figura nº 37 – As fotografias a) e b) do 1º ensaio dos provetes B em BS

3.9.2 - Ensaio dos provetes B em betão armado com malha

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios à flexão com os provetes B em BAM.

Quadro nº 27 – Resultados dos ensaios com os provetes B em BAM

Data da Betonagem :11-04-2011		Dimensões:		Provete 385x50x100 (mm)							
Provete (B): Betão Armado em Malha				Armação 370x45 (mm)							
Peso em gramas; Força em kN				Dist. entre apoios :		350 mm					
Recobrimento de 5 mm				Largura do provete :		50 mm					
				Altura do provete :		100 mm					
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)	
7-dias	1	4606	26,04	6,62	7,95	2,41	2,887	1,65	1,975	2	
	2	4548	25,38	6,36	7,63	2,51	3,017	2,14	2,573	4	
	3	4655	25,92	5,90	7,09	2,91	3,488	2,11	2,538	2	
Média				6,23		2,61		1,97			
28-dias	4	4504	25,87	6,78	1,02	1,92	0,288	1,45	0,218	6	
	5	4549	25,92	6,07	0,91	1,74	0,261	1,32	0,198	4	
	6	4456	25,46	5,65	0,85	0,93	0,139	0,72	0,058	8	
Média				6,17		1,53		1,16			

Nota: Após o primeiro ensaio de flexão, em 4 pontos, seguidamente foi realizado sobre o mesmo provete, o 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos.

Verificar que todos os provetes B em BAM, resistem aos três ensaios. Verifica-se em todos os provetes uma fissura vertical no centro, uma horizontal incluída entre os dois apoios ao longo da malha, provocando um desligamento do betão de recobrimento e nessa zona a malha fica completamente solta sem qualquer proteção. Foi possível medir as flechas dos provetes ao fim do terceiro ensaio, porque a malha resistiu às cargas aplicadas e não se verificou qualquer quebra na malha. Com os provetes fraturados, a malha manteve os provetes unidos. Conforme as fotografias seguintes.

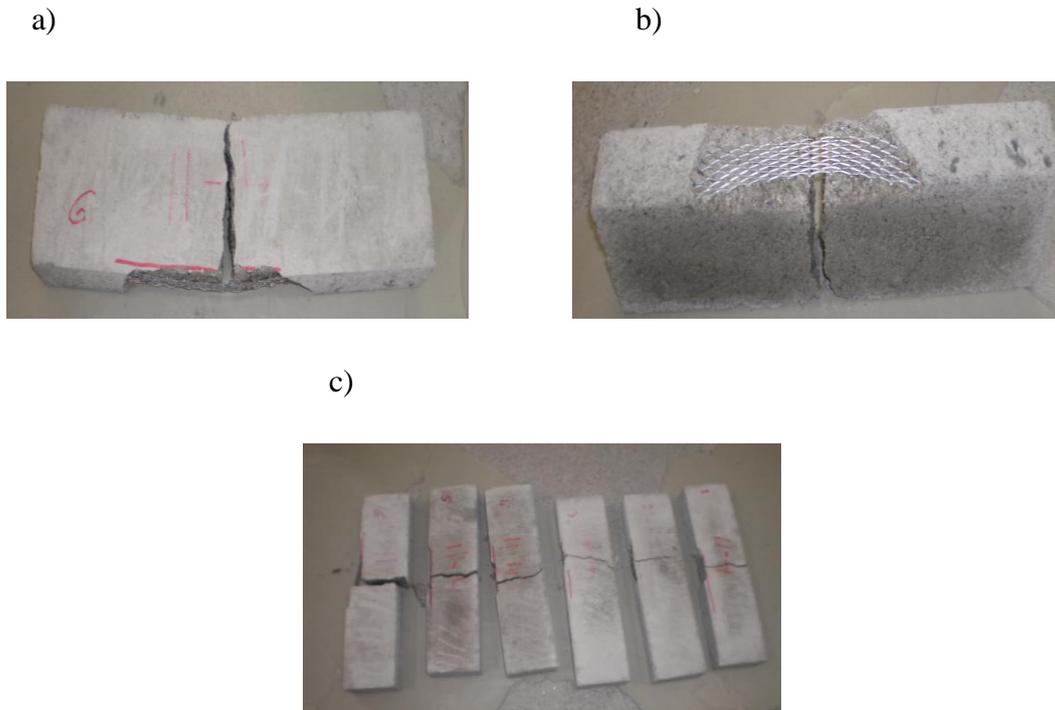


Figura nº 38 – Fotografias a), b) e c) dos ensaios com os provetes B em BAM

A energia absorvida no 2º ensaio tem uma redução do 1º ensaio de 65% a 75%, o 3º ensaio tem uma redução do 2º ensaio $\pm 25\%$.

3.9.3 - Ensaio dos provetes B em betão armado com varão

O quadro seguinte mostra os valores resultantes dos ensaios à flexão, com os provetes B em BAV. Para unir a armadura os varões são colados e agrupados.

Quadro nº 28 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BAV

Data da Betonagem :13-04-2011		Dimensões:		Provete 385x50x100 (mm)							
Provete (B): Betão Armado em Varão				Armação 370x45 (mm)							
Peso em gramas; Força em kN				Dist. entre apoios: 350 mm							
Recobrimento de = 5 mm				Largura do provete: 50 mm							
				Altura do provete: 100 mm							
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)	
7-dias	1	4219	26,07	4,25	0,637	1,04	0,156	0,76	0,114	N/D	
	2	4215	25,44	4,89	0,734	2,78	0,418	1,80	0,27	5	
	3	4357	25,92	5,55	0,832	2,85	0,427	0,27	0,041	N/D	
Média				4,90		2,22		0,94			
28-dias	4	4422	25,88	5,09	0,763	2,75	0,412	1,20	0,180	2	
	5	4404	25,84	4,84	0,726	2,77	0,415			N/D	
	6	4369	25,41	5,05	0,757	2,62	0,394			N/D	
Média				4,99		2,71		1,20			
Nota:		Após o primeiro ensaio de flexão, em 4 pontos, seguidamente foi realizado sobre o mesmo provete, o 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos. Os 9 varões é equivalente ao peso em malha, no mesmo tipo de provete.									

Neste ensaio verifica-se que através dos dados, todos os provetes B em betão não endurecido e endurecido, quando submetidos ao 3º ensaio, só um provete resiste em cada série para se medir a flecha. Através destes valores verifica-se que a energia de deformação absorvida atingiu o limite máximo ou ficou muito próximo. A energia absorvida é superior na série dos provetes com o betão endurecido, $\pm 3\%$ em relação aos provetes de betão não endurecido. Em ambas as séries a redução dos valores, do 1º para o 2º ensaio é de $\pm 45\%$ e do 2º para o 3º ensaio é de $\pm 55\%$.

a)



b)



c)



Figura nº 39 - Fotografias a), b) e c) dos ensaios com os provetes B em BAV

3.9.4 - Ensaio dos provetes B em betão armado com malha dobrada em U

O quadro seguinte mostra os valores resultantes dos ensaios à flexão com os provetes B em BAMU (betão armado com malha e dobrada em forma de U).

3.9.5 - Ensaio dos provetes B em betão armado em malha dobrado em U (2ª)

Esta segunda série foi realizada, porque no primeiro ensaio verificou-se, uma falha de fabrico dos provetes.

O quadro seguinte mostra os valores resultantes da segunda série em ensaios à flexão com os provetes B em BAMU.

Quadro nº 30 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BAMU (2ª)

Data da Betonagem 20-06-2011				Dimensão :		Provete 385x50x100 (mm)				
Provete (B): Betão Armado em Malha, dobrado em forma de U						Armação U - 370*(40+40+40)(mm)				
Peso em gramas; Força em kN						Dist. entre apoios:		350 mm		
Recobrimento de = 4 mm						Largura do provete:		50 mm		
						Altura do provete:		100 mm		
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos		
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)
7-dias	1	4665	70,48	11,43	1,715	1,34	0,20	0,98	0,15	12
	2	4682	72,77	11,22	1,683	1,29	0,19	1,20	0,18	10
	3	4574	70,92	10,80	1,620	2,28	0,34	1,72	0,26	6
	Média			11,15		1,64		1,30		
28-dias	4	4465	71,90	10,47	1,750	2,15	0,322	1,82	0,274	10
	5	4634	71,45	11,62	1,743					N/D
	6	4717	71,39	11,79	1,768					N/D
	Média			11,29		2,15		1,82		

Nota: Após o primeiro ensaio de flexão, em 4 pontos, seguidamente foi realizado sobre o mesmo provete, o 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos.
 Armadura em Malha dobrada em forma de U, 370 mm de comprimento, 40 mm na base e 40 mm de altura nas laterais.

Os provetes apresentam várias fissuras devido à energia absorvida, com a distribuição da energia pela malha, verifica-se um esmagamento do betão, na zona central do provete e no interior da armadura. Uma fissura horizontal ao longo da malha, que provoca um desligamento do betão de recobrimento da malha.

Nos ensaios aos 7 dias com o betão ainda não endurecido, os provetes resistem até ao terceiro ensaio devido à facilidade da malha se fletir no interior do betão, redução de energia de deformação absorvida do 1º para o 2º ensaio $\pm 86\%$ e do 2º para o 3º ensaio $\pm 20\%$.

Nos ensaios aos 28 dias com o betão endurecido verifica-se um aumento de energia absorvida $\pm 3\%$ em relação aos provetes com o betão não endurecido. Só um provete B em BAMU resiste aos três ensaios, os outros dois quebram no 1º ensaio. Demonstra que a malha esgota a sua capacidades de resistência, sem se desligar da matriz, o que reduz a

sua capacidade de deformação e esgotando a sua capacidade de absorver energia no primeiro ensaio.

Neste tipo de armadura, BAMU, o betão no interior da malha apresenta uma extensão de fracturação elevada, o que indica uma capacidade de absorção de energia muito maior relativamente às outras armaduras.

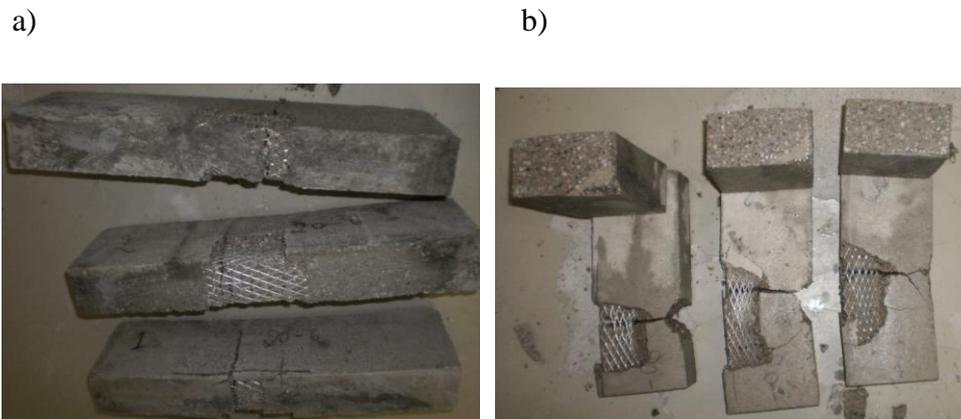


Figura nº 42- Fotografias a) e b) do ensaio aos 7 dias com os provetes B em BAMU

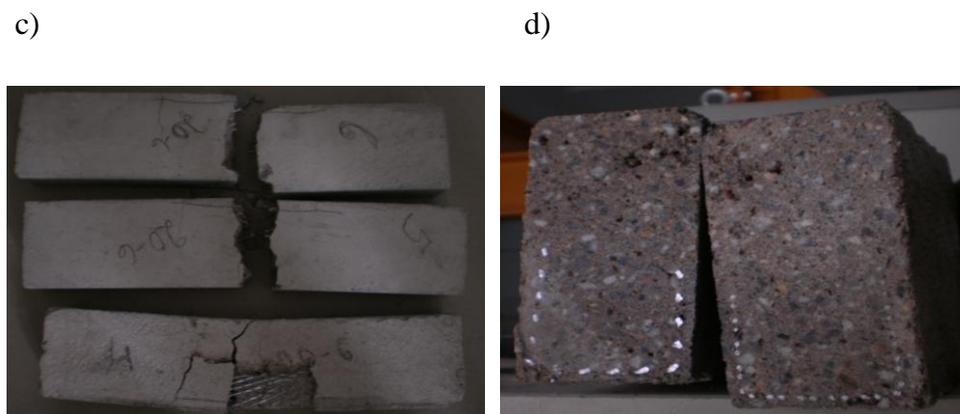


Figura nº 43- Fotografias c) e d) do ensaio aos 28 dias com os provetes B em BAMU

Com os provetes cortados na vertical, verificarmos o recobrimento da malha e as características dos constituintes do betão. Os grãos dos agregados da mistura cimentícia apresentam-se com a aderência enfraquecida, provavelmente pela quantidade de ligante não ser a suficiente.

3.9.6 - Ensaio com os provetes B (2ª série) em betão simples e betão armado varão

Para a segunda série de ensaio foram fabricados seis provetes B, três provetes em BS, três provetes em BAV para serem submetidos em ensaios aos 7 dias. Com o objetivo de verificar e comparar os resultados com a primeira série.

Na 2ª série de ensaios os provetes em BAV, o varão para serem agrupados, foi amarrado com varão do mesmo tipo de aço, na 1ª série o varão para ser agrupados foi colado, desta forma retiraram resistência ao provete reforçado, criando na zona da cola pouca resistência.

A 2ª série de ensaios com os provetes em BS, foi com o objetivo de comparar os valores das cargas suportadas à flexão com a 1ª série.

O quadro seguinte, mostra os valores resultantes da 2ª série de ensaios à flexão, com os provetes B em BAV e em BS.

Quadro nº 31 - Resultados dos ensaios com os provetes B em BS e em BAV

Data da Betonagem :30-06-2011				Dimensões:		Provete 385x50x100 (mm)					
Provete (B): Betão armado em varões						Armação 370x45 (mm)					
Peso em gramas; Força em kN						Dist. entre apoios: 350 mm					
Recobrimento de = 4 mm						Largura do provete: 50 mm					
						Altura do provete: 100 mm					
			1º Ensaio, 4 pontos			2º Ensaio, 3 pontos			3º Ensaio, 3 pontos		
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm2)	Carga max (kN)	Stress (N/mm2)	Carga max (kN)	Stress (N/mm2)	Flecha (mm)	
7 dias	1	4579	30,33	5,65	0,847						N/D
	2	4401	29,24	5,24	0,786						N/D
	3	4592	31,00	5,61	0,842						N/D
Média				5,50							
Nota: No primeiro ensaio de flexão, em 4 pontos, todos os provetes partiram. Os 9 varões é equivalente ao peso em malha, no mesmo tipo de provete.											
Data da Betonagem :30-06-2011				Dimensões:		Provete 385x50x100 (mm)					
Provete (B): Betão Simples						Dist. entre apoios: 350 mm					
Peso em gramas; Força em kN						Largura do provete: 50 mm					
						Altura do provete: 100 mm					
			1º Ensaio, 4 pontos			2º Ensaio, 3 pontos			3º Ensaio, 3 pontos		
Data Ensaio	Nº Provete	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Load max (kN)	Stress (N/mm2)	Load max (kN)	Stress (N/mm2)	Load max (kN)	Stress (N/mm2)	Flecha (mm)	
7 dias	1	4490	0,00	3,93	0,589						
	2	4379	0,00	1,08	0,163						
	3	4451	0,00	2,43	0,364						
Média				2,48							
Nota: No 1º ensaio de flexão, em 4 pontos, todos os provetes partiram.											

Através dos resultados verificamos que todos os provetes, resistiram só ao primeiro ensaio, os provetes com e sem armadura, que as tensões de flexão na face interior não são resistidas pelos valores de tração quer do betão quer dos varões presentes.

As fotografias seguintes mostram-nos os estados dos provetes desta série com e sem armadura, nos ensaios aos 7 dias



Figura nº 44 - Fotografia do ensaio com o provete B em BS

a)



b)



Figura nº 45 – Fotografias a) e b) do ensaio com os provetes B em BAV

A fotografia a) representa o estado dos provetes B em BS e verifica-se que a rotura se deu próximo da região central do provete e com uma fissura. Fotografia b) representa o estado dos provetes B em BAV. Nestes provetes verifica-se que a energia distribuída pelo varão, faz com que exista um desligamento do betão de recobrimento da armadura, mas em pequena extensão, na zona da rotura total dos provetes e a c) representa o corte vertical dos provetes B em BAV, podendo-se verificar nesta o interior dos provetes.

3.9.7 – Valores para a representação gráfica dos resultados dos ensaios com os provetes B em Betão

Este conjunto de valores, resultam dos ensaios, com os provetes B em Betão, e que são obtidos diretamente e outros indiretamente, mas sempre com base em leituras realizadas

através da instrumentação já anteriormente demonstrados. É de salientar que só são do 1º ensaio, com aplicação das duas cargas superiores.

Quadro nº 32 – Valores/médias das cargas no 1º ensaio do provete B em betão

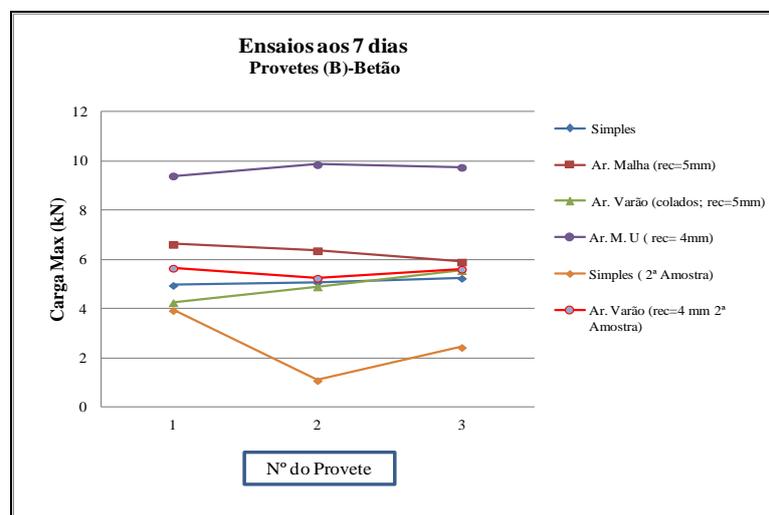
Provete (B): Betão		Carga max (kN)		Provete (B): Betão		Carga max (kN)	
27-04-2011	07-dias	4,95		20-06-2011	07-dias	11,43	
		5,07	5,09			11,22	11,15
		5,24				10,80	
	28-dias	6,62			28-dias	10,47	
		6,11	6,03			11,62	11,29
		5,37				11,79	
11-04-2011	07-dias	6,62		30-06-2011	07-dias	3,93	
		6,36	6,29			1,08	2,48
		5,90				2,43	
	28-dias	6,78			07-dias	5,65	
		6,07	6,17			5,24	5,50
		5,65				5,61	
13-04-2011	07-dias	4,25					
		4,89	4,90				
		5,55					
	28-dias	5,09					
		4,84	4,99				
		5,05					

Estes valores resultam do comportamento de materiais ensaiados, em ciclos experimentais daí se verificar em alguns valores uma discrepância, existindo em alguns dos provetes, detalhes que provocam o enfraquecimento da matriz como por exemplo a utilização da cola.

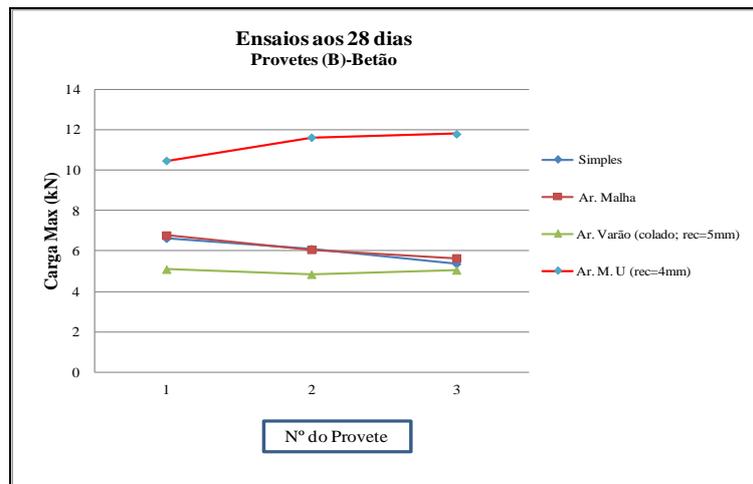
Verificando diferenças de valores com o mesmo tipo de provete, armadura e matriz cimentícia. Exemplo das segundas tentativas de BS e BAV que resultam de uma diferença de valores, 50% e 10% respetivamente.

No conjunto de dados podemos verificar que os provetes armados em U e os armados em malha, são os que mostram os maiores valores de carga suportada à flexão.

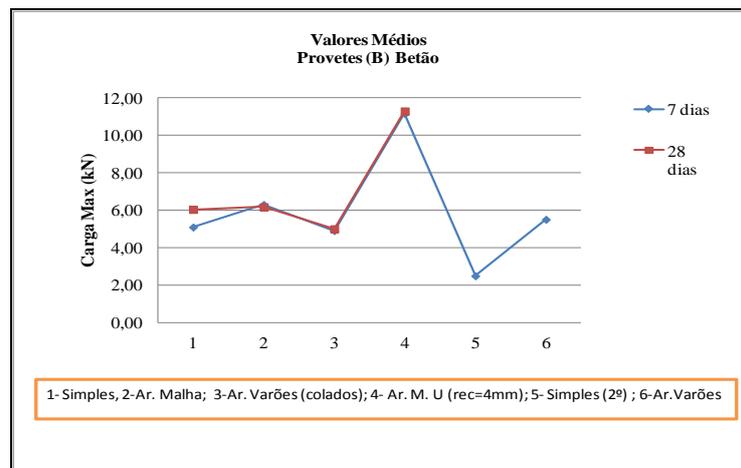
Quadro nº 33 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em betão aos 7 dias



Quadro nº 34 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em betão aos 28 dias



Quadro nº 35 – Valores/médios das cargas suportados nos ensaios com os provetes B em betão aos 7 e 28 dias



3.9.8 - Análise de resultados

Destes resultados podemos destacar, quatros séries de provetes de ensaio: BS, BAM, BAV e BAMU.

Os ensaios de BS, são os resultados obtidos pelo betão sem armadura, carga máxima suportada ou energia absorvida só pelo betão e como a energia fica concentrada resulta um corte de imediato do provete rotura frágil.

Nos provetes em BAM, além de apresentarem um afastamento do betão de recobrimento da malha, menores danos no provete, uma possibilidade de restauro, a energia absorvida ser significativa em relação a outros provetes, o motiva de ser malha mais fácil a distribuição da energia de deformação para outros pontos próximos.

Os provetes em BAV, são os que apresentam menor valor de carga suportada à flexão em relação a outros provetes armados. Dá a ideia que energia absorvida na armadura em varão não se distribui com tanta facilidade nas regiões do centro do provete.

Podemos verificar que os provetes em BAMU, são os que absorvem maior energia, mas no final dos três ensaios, são os que ficam mais destruídos no interior dos provetes, com esmagamento do betão, e desligamento do betão de recobrimento da malha, o que prova que a energia de deformação e a quebra de ligações fica distribuída por um maior volume central.

3.10 - Representação dos resultados dos ensaios dos provetes B em bi-betão

As tabelas com os valores, resultam dos dados fornecidos pela máquina de ensaio à flexão que se encontram em anexo 7.

3.10.1 - Valores do ensaio com os provetes B bi-betão simples

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios à flexão, com os provetes B em Bi-BS.

Quadro nº 36 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BS

Data da Betonagem 12-05-2011		Dimensão:		Provete 385x50x100 (mm)							
Provete (B): Bi-Betão Simples				Dist. entre apoios:		350 mm					
Peso em gramas; Força em kN				Largura do provete:		50 mm					
				Altura do provete:		100 mm					
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (N)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flexão (mm)	
7-dias	1	4460		6,31	0,95					N/D	
	2	4374		6,35	0,95					N/D	
	3	4477		6,98	1,05					N/D	
Média				6,55							
28-dias	4	4499		7,02	1,05					N/D	
	5	4433		7,6	1,14					N/D	
	6	4403		7,10	1,07					N/D	
Média				7,24							
Nota:		Bi-betão na base 1,5 cm a argamassa é constituída por (Sika grout+ 1/3 Bago de Arroz+15% de Água). Após o primeiro ensaio de flexão, em 4 pontos, os provetes partiram.									

O comportamento destes provetes em ensaios de 7 e 28 dias, são idênticos porque só resistem ao primeiro ensaio, quando aparece a primeira fenda no centro do provete, ocorre de imediato a rotura total dos provetes ou seja rotura frágil.

Com o endurecimento do betão verifica-se um aumento da taxa de energia de deformação absorvida $\pm 10\%$ em relação aos provetes com betão não endurecido.

No corte transversal dos provetes, distingue-se a cor das duas matrizes cimentícias. O betão mais forte está distribuído por toda a base $\pm 1\text{cm}$ de altura, tem uma cor mais escura e é mais coesa. A zona mais clara corresponde à primeira matriz cimentícia, que apresenta alguns agregados soltos quando se efetua o corte, mostrando pouca coesão entre os materiais constituintes da matriz cimentícia.

Podemos verificar este ensaio nas fotografias seguintes.



Figura nº 46 - Fotografias do ensaio com os provetes B em Bi-BS

a)



b)



Figura nº 47 – Fotografias a) e b) corte transversal dos provetes B em Bi-BS

3.10.2 - Valores do ensaio com os provetes B bi-betão armado com malha

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios à flexão, com os provetes B em Bi-BAM.

Quadro nº 37 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BAM

Data da Betonagem 03-06-2011		Dimensão:		Provete 385x50x100 (mm)							
Provete (B): Bi- Betão armado em malha				Armação 370 ^ø 4,5 (mm)							
Peso em gramas; Força em kN				Dist. entre apoios: 350 mm							
Recobrimento de = 4 mm				Largura do provete: 50 mm							
				Altura do provete: 100 mm							
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)	
7-dias	1	4650	27,45	9,44	1,415	2,84	0,425	1,54	2,31	N/D	
	2	4651	27,30	8,97	1,346	3,27	0,490	0,00	0,00	N/D	
	3	4651	27,33	9,13	1,370	0,00	0,000	0,00	0,00	N/D	
Média				9,18		2,04		0,51			
28-dias	4	4645	27,32	10,06	1,509					N/D	
	5	4654	27,32	10,47	1,571					N/D	
	6	4590	27,59	10,19	1,529					N/D	
Média				10,24							
Nota:		Bi-betão na base 1,5 cm a argamassa é constituída por (Sika gront+ 1/3 Bago de Arroz+15% de Água).									
		Após o 1º teste de flexão, em 4 pontos, se o provete resistir, seguidamente é realizado sobre o mesmo provete, 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos.									

O comportamento destes provetes em ensaios de 7 dias, devido ao betão ainda não estar completamente endurecido, dois em três dos provetes de ensaio suportam as cargas exercidas à flexão no 1º ensaio mas em menor valor. Aos 28 dias como o betão endurecido, suporta maiores cargas aplicadas à flexão, mas só resistem ao primeiro ensaio e resultam de uma maior taxa de energia de deformação $\pm 12\%$.

No corte transversal dos provetes distingue-se pela cor as duas matrizes cimentícias. O betão mais forte está distribuído por toda a base ± 1 cm de altura, tem uma cor mais escura e é mais coesa é esta zona que se encontra toda a armadura (malha). A zona mais clara corresponde à primeira matriz cimentícia que apresenta alguns agregados soltos quando se efetua o corte devido à quantidade de ligantes ser insuficientes.

Podemos verificar este ensaio nas fotografias seguintes.

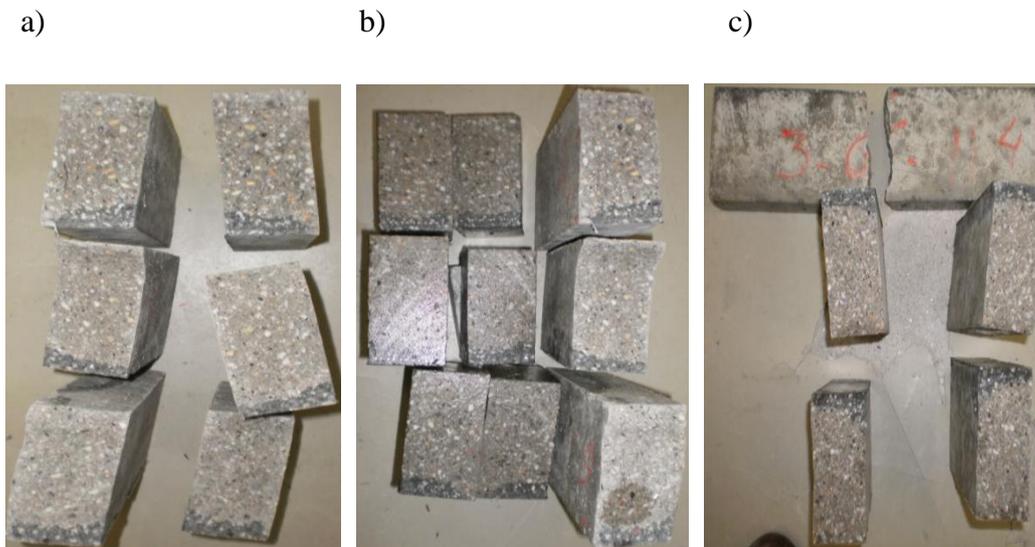


Figura nº 48 - Fotografias a), b) e c) ensaio com os provetes B em Bi-BAM

3.10.3 - Valores do ensaio com os provetes B bi-betão armado com malha em U

O quadro seguinte mostra os resultados dos ensaios à flexão, com os provetes B em Bi-BAMU.

Quadro nº 38 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BMU

Data da Betonagem 07-06-2011		Dimensão:		Provete 385x50x100 (mm)							
Provete (B): Bi- Betão armado em malha U				Armação 370 ^ø (4+4+4) (mm)							
Peso em gramas; Força em KkN				Dist. entre apoios: 350 mm							
Recobrimento de = 4 mm				Largura do provete: 50 mm							
				Altura do provete: 100 mm							
		1º Ensaio, 4 pontos				2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos			
Data Ensaio	Provete Nº	Peso do Provete (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (KkN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Carga max (kN)	Stress (N/mm ²)	Flecha (mm)	
7-dias	1	4775	72,40	11,83	1,77	0,94	0,141	0,91	0,136	6	
	2	4655	70,80	11,53	1,73	0,77	0,115	0,00		N/D	
	3	4611	72,57	11,42	1,71	0,97	0,146	1,20	0,180	14	
	Média				11,59		0,89		0,70		
28-dias	4		72,82	11,30	1,70					N/D	
	5		72,14	11,67	1,75					N/D	
	6		72,20	10,87	1,63	1,54	0,231	1,00	0,15	5	
	Média				11,28		1,54		1,00		

Nota: Bi-betão na base 1,5 cm a argamassa é constituída por (Sika gront+ 1/3 Bago de Arroz+15% de Água).
Após o 1º teste de flexão, em 4 pontos, se o provete resistir, seguidamente é realizado sobre o mesmo provete, 2º e 3º ensaio à flexão, em 3 pontos.
Malha dobrado em forma de U, para ter uma altura de malha de reforço nas laterais do provete.

O comportamento destes provetes em ensaios aos 7 dias, devido ao betão ainda não se encontra endurecido, os três provetes do ensaio suportam as cargas exercidas à flexão no 1º ensaio, mas só dois provetes são submetido ao 3º ensaio e foi possível medir a flecha.

Aos 28 dias como o betão endurecido, além de suportar \pm mesma carga à flexão no 1º ensaio, com o betão não endurecido no final dos ensaios, os provetes apresentam as mesmas características de degradação.

No corte transversal dos provetes distingue-se pela cor as duas matrizes cimentícias, betão mais forte está distribuído em toda a base \pm 1cm de altura e a zona onde se encontra a armadura (malha). A primeira matriz cimentícia ou composto designado por Betão, apresenta alguns agregados soltos quando se efectua o corte mostrando que o material utilizado no fabrico da matriz tem pouca coesão.

Podemos verificar este ensaio nas fotografias seguintes.

a)



b)



c)



d)



Figura nº 49 - Fotografias a), b), c) e d) dos ensaios com os provetes B em Bi-BAM

Podemos observar na fotografia d), uma fissura no contorno da malha em que dá ideia que a malha quando submetida à flexão vai provocar um corte no betão pela energia de deformação absorvida pela malha. Mas os provetes B em Bi-BAMU, verificamos com a

a)



b)



c)



d)



Figura nº 50 - Fotografias a), b), c) e d) dos ensaios com os provetes B em Bi-BAV

3.10.5 - Valores do ensaio com os provetes B bi-betão armado com varão/simples

Para esta segunda série foram fabricados 6 provetes B com o Bi-Betão, três em Bi-BS e três em Bi-BAV, para ensaios aos 7 dias. Com o objetivo de comparar os resultados, com a primeira série de provetes sem armadura e armado em varão.

A 2ª série de ensaios com varão para serem unidos foram amarrados com varão do mesmo tipo de aço, a 1ª série os varões para ser agrupados uns aos outros foram colados, a colagem dos varões retirou resistência ao provete.

A série de três provetes sem armadura, foi com o objetivo de comparar os resultados das cargas máximas suportadas à flexão com a 1ª série de ensaios.

O quadro seguinte, mostra os valores resultantes das cargas máximas suportadas na 2ª série de ensaios à flexão, com os provetes B em Bi-BS e Bi-BAV.

Quadro nº 40 - Resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-BAV e Bi-BS

Data da Betonagem :30-07-2011				Dimensões: Provede 385x50x100 (mm)						
Provede (B): Bi-Betão armado em varões				Armação 370x45 (mm)						
Peso em gramas; Força em kN				Dist. entre apoios: 350 mm						
Recobrimento de = 4 mm				Largura do provede: 50 mm						
				Altura do provede: 100 mm						
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos		
Data Ensaio	Provede Nº	Peso do Provede (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm2)	Carga max (kN)	Stress (N/mm2)	Carga max (N)	Stress (N/mm2)	Flecha (mm)
7 dias	1	4712	30,94	4,26	0,639					N/D
	2	4455	30,95	5,95	0,892	2,96	0,45			N/D
	3		30,91	7,93	1,189					N/D
Média				6,05						
Nota:		No primeiro ensaio de flexão, em 4 pontos, todos os provetes partiram. Os 9 varões é equivalente ao peso em malha, no mesmo tipo de provede.								
Data da Betonagem :30-07-2011				Dimensões: Provede 385x50x100 (mm)						
Provede (B): Bi-Betão simples				Dist. entre apoios: 350 mm						
Peso em gramas; Força em kN				Largura do provede: 50 mm						
				Altura do provede: 100 mm						
				1º Ensaio, 4 pontos		2º Ensaio, 3 pontos		3º Ensaio, 3 pontos		
Data Ensaio	Provede Nº	Peso do Provede (g)	Peso da Malha (g)	Carga max (kN)	Stress (N/mm2)	Carga max (kN)	Stress (N/mm2)	Carga max (N)	Stress (N/mm2)	Flecha (mm)
7 dias	1	4576		6,44	0,966					N/D
	2	4533		6,30	0,945					N/D
	3	4504		6,21	0,931					N/D
Média				6,32						
Nota:		No 1º ensaio de flexão, em 4 pontos, o 1º e o 3º provetes, partiram, o 2º partiu no 2º ensaio de 3 pontos.								

Com os provetes armados em varão a taxa de energia absorvida aumenta $\pm 5\%$ em relação aos provetes sem armadura.

As fotografias seguintes resultam da 2ª série de ensaios, mostra a distribuição da segunda matriz na base do provede B em a) Bi-BAV e em b) a Bi-BS.

a)



b)



Figura nº 51 - Fotografias a) e b) do 2º ensaio com os provetes B em Bi-Betão

3.10.6 – Valores para a representação gráfica dos resultados dos ensaios com os provetes B em Bi-Betão

Os resultados seguintes representam os valores da carga máxima suportada pelos provetes B no 1º ensaio. Para os provetes em Bi-BS, Bi-BAM, BI-BAV e Bi-BAMU.

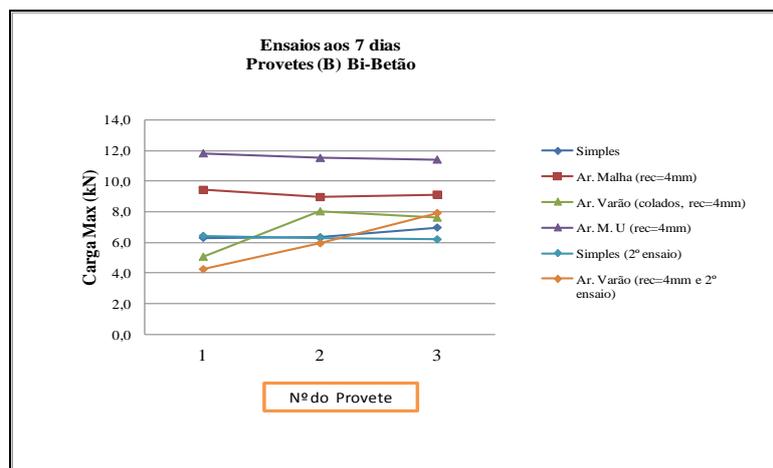
Quadro nº 41 – Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em Bi-Betão

Provete (B) Bi-Betão	Carga Max (kN)	Provete (B) Bi-Betão	Carga Max (kN)												
12-05-2011 Simples	07 dias	07-06-2011 Armado Malha U	07 dias												
	28 dias		28 dias												
				03-06-2011 Armado Malha	30-07-2011 Simples (2º)										
						07 dias	07 dias								
								28 dias	07 dias						
										15-06-2011 Armado Varões					
07 dias															
				28 dias											
								07 dias							
												28 dias			
07 dias															
				28 dias											
								07 dias							
												28 dias			
07 dias															
				28 dias											
								07 dias							
												28 dias			
07 dias															
				28 dias											
								07 dias							
												28 dias			

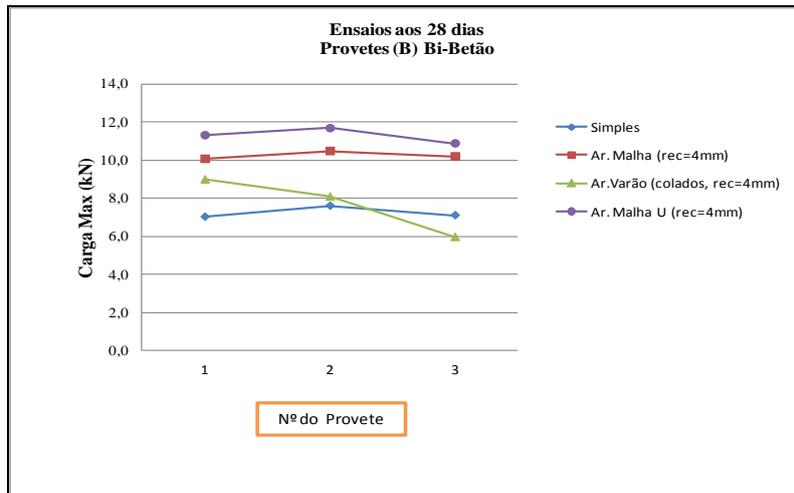
Com os gráficos seguintes pode-se observar os provetes em Bi-Betão, que apresentam maiores e menores taxas de energia absorvida, suportada pelos provetes B. A 2ª série de ensaio em Bi-Betão, não mostrou grandes diferenças nos valores obtidos \pm 2%, de variação em relação à energia absorvida na 1ª série de ensaios, tanto em Bi-BS como Bi-BAV. No Bi-BAV.

No provete armado em varão na 2ª série, verificou-se uma discrepância nos resultados, provavelmente por existir pequenos defeitos no fabrico da matriz cimentícia.

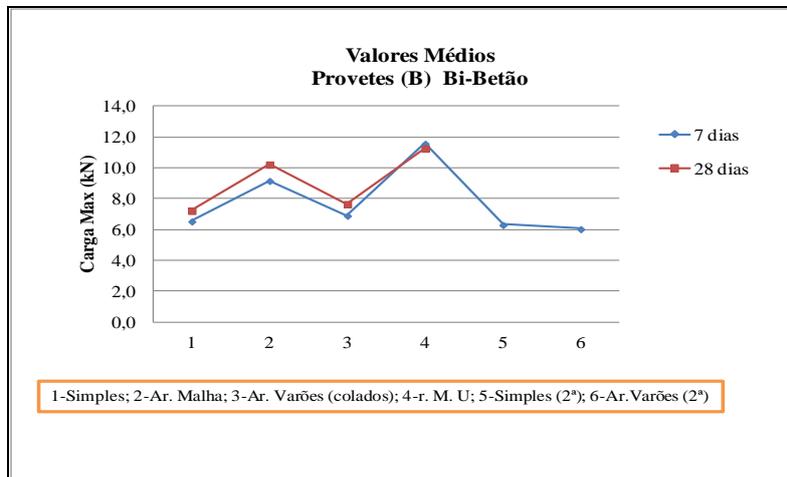
Quadro nº 42 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em Bi-Betão aos 7 dias



Quadro nº 43 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em Bi-Betão aos 28 dias



Quadro nº 44 - Médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em Bi-Betão aos 7 e 28 dias



3.10.7 - Análise de resultados

Destes resultados podemos destacar, os dois compostos Betão e composto Bi-Betão, os quatro tipos de provetes de ensaios: simples, armado com malha, armado com varão e armado com malha dobrada em forma de U.

Os ensaios sem armadura os resultados obtidos pelos compostos, carga máxima suportada ou a energia absorvida pelos compostos fica concentrada no centro do provete daí se dar uma rotura frágil.

Nos provetes armados com malha, a energia absorvida pela malha é superior que a energia absorvida pelos provetes armados com varão, por existir na malha maior facilidade em distribuir a energia absorvida. Nos provetes com a matriz cimentícia composta a matriz cimentícia na zona da armadura dificulta a distribuição da energia à flexão.

Os provetes armados com malha dobrada em forma de U, absorvem maior taxa de energia no final dos três ensaios, mas ficam mais destruídos no interior dos provetes, devido à energia absorvida pela malha na base e nas paredes armadas dos provetes [7].

3.11 - Comparação dos resultados

3.11.1 – Comparação dos resultados dos ensaios dos provetes B sem armadura

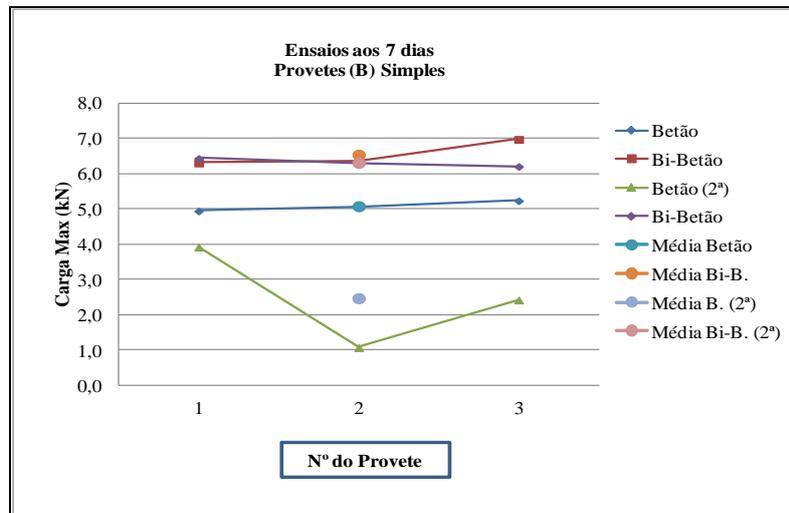
Os resultados são retirados das tabelas atrás demonstradas, nos mesmos provetes sem armaduras.

Quadro nº 45 - Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BS e Bi-BS

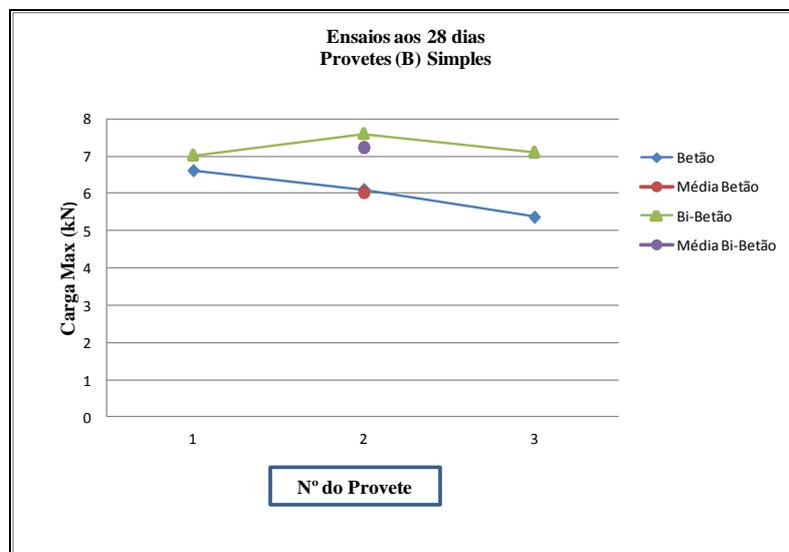
Provete (B) Simples	Carga max (kN)	Média(kN)
27-04-2011	4,95	
Betão	07-dias	5,07
		5,24
	28-dias	6,62
		6,11
		5,37
		6,03
12-05-2011	6,31	
Bi-Betão	07-dias	6,35
		6,98
	28-dias	7,02
		7,6
		7,10
		7,24
30-06-2011	3,93	
Betão(2º)	07-dias	1,08
		2,43
		2,48
21-07-2011	6,44	
Bi-B.(2º)	07-dias	6,3
		6,21
		6,32

Comparando os resultados e as médias dos ensaios com os provetes B sem armadura, verificarmos que os provetes construídos em Bi-BS, a taxa de energia absorvida nos ensaios à flexão são superior, com $\pm 22\%$ nos ensaios aos 7 dias e de $\pm 18\%$ aos 28 dias em relação aos provetes BS.

Quadro nº 46 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BS e Bi-BS aos 7 dias



Quadro nº 47 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BS e Bi-BS aos 28 dias



3.11.2 – Comparação dos resultados dos ensaios dos provetes B armados com malha

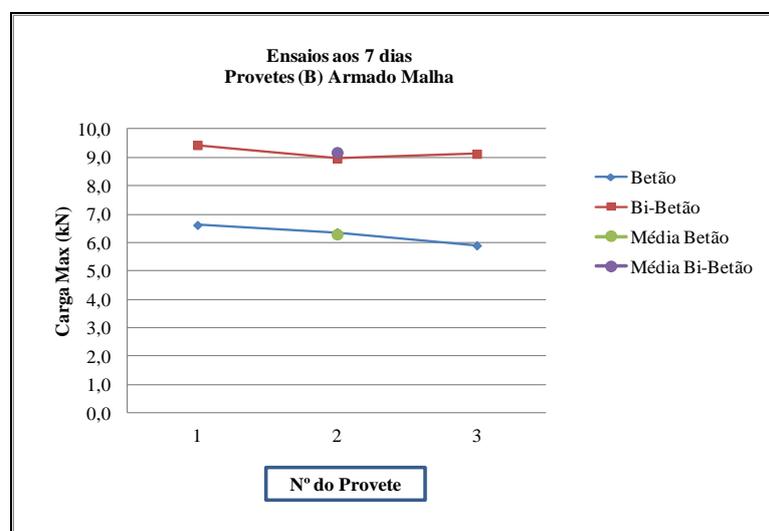
Os resultados são retirados das tabelas atrás demonstradas com os mesmos provetes armados com malha.

Quadro nº 37 – Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAM e Bi-BAM

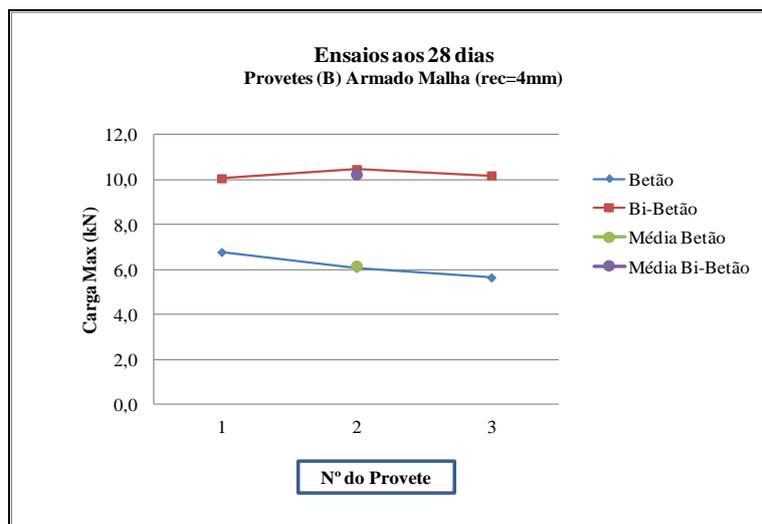
Provete (B) Ar. Malha	Carga max (kN)	Média (kN)	
11-04-2011 Betão	07-dias	6,62	6,29
		6,36	
		5,90	
	28 dias	6,78	6,17
		6,07	
		5,65	
03-06-2011 Bi-Betão	07-dias	9,44	9,18
		8,97	
		9,13	
	28 dias	10,06	10,24
		10,47	
		10,19	

Comparando as médias dos resultados em ensaios com os provetes B armado com malha, verificarmos que nos provetes construídos com a segunda matriz cimentícia a taxa de energia absorvida é superior aos ensaios à flexão, $\pm 32\%$ nos ensaios aos 7 dias e de $\pm 40\%$ aos 28 dias em relação aos provetes construídos com o Betão.

Quadro nº 48 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAM e Bi-BAM aos 7 dias



Quadro nº 49 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAM e Bi-BAM aos 28 dias



3.11.3 – Comparação dos resultados dos ensaios dos provetes B armados com varão

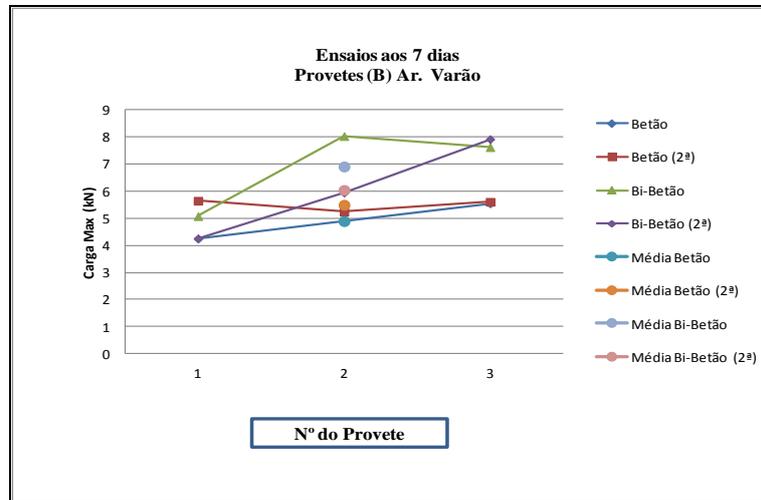
Os resultados são retirados das tabelas anteriores dos mesmos provetes armados com varão.

Quadro nº 50 – Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAV e Bi-BAV

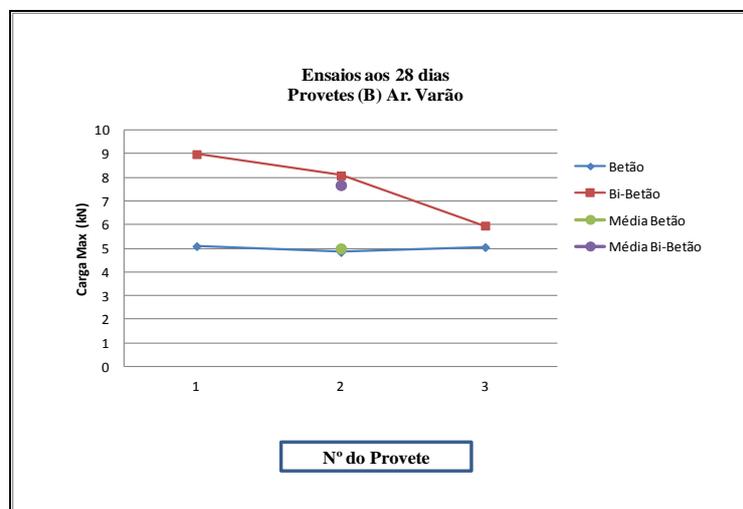
Provede (B) Ar. Varão	Carga max (kN)	Média(kN)	
27-04-2011 Betão	07-dias	4,25	
		4,89	
		5,55	4,90
	28-dias	5,09	
		4,84	
		5,05	4,99
12-05-2011 Bi-Betão	07-dias	5,08	
		8,04	
		7,63	6,92
	28-dias	8,98	
		8,08	
		5,96	7,67
30-06-2011 Betão(2ª)	07-dias	5,65	
		5,24	
		5,61	5,50
21-07-2011 Bi-B.(2ª)	07-dias	4,26	
		5,95	
		7,93	6,05

Comparando os resultados através das médias nos ensaios com os provetes B armado com varão, verificarmos que nos provetes com a segunda matriz cimentícia na zona da armadura, a taxa de energia absorvida é superior em ensaios à flexão $\pm 32\%$ nos ensaios aos 7 dias e de $\pm 40\%$ aos 28 dias.

Quadro nº 51 – Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAV e Bi-BAV aos 7 dias



Quadro nº 52 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAV e Bi-BAV aos 28 dias



3.11.4 – Comparação dos resultados dos ensaios dos provetes B armados com malha em U

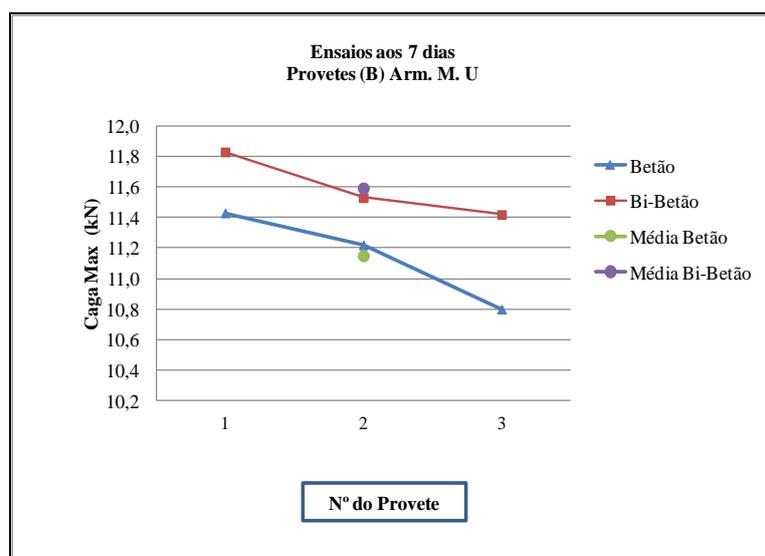
Os resultados são retirados das tabelas anteriores dos mesmos provetes armados com as malhas em U.

Quadro nº 53 – Valores/médias das cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAMU e Bi-BAMU

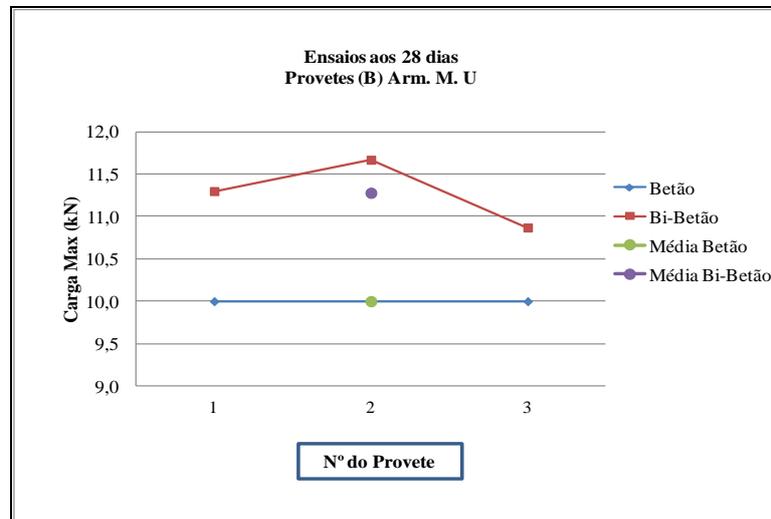
Provete (B): Ar. M.U	Carga max (kN)	Média.(kN)		
20-06-2011 Betão	07-dias	11,43	11,15	
		11,22		
		10,80		
	28 dias	10,00		10,00
		10,00		
		10,00		
07-06-2011 Bi-Betão	07-dias	11,83	11,59	
		11,53		
		11,42		
	28 dias	11,30		11,28
		11,67		
		10,87		

Comparando os resultados das médias nos ensaios com os provetes B, armado com malha em U, verificamos que os provetes construídos com a segunda matriz cimentícia mais coesa na base, a taxa de energia absorvida em ensaios à flexão é superior de $\pm 2\%$ nos ensaios aos 7 dias e de 10% aos 28 dias.

Quadro nº 54 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAMU e Bi-BAMU aos 7 dias



Quadro nº 55 - Cargas suportadas no 1º ensaio pelos provetes B em BAMU e Bi-BAMU betão aos 28 dias







Capítulo IV – Resistência do Cimento



4 – Introdução

O betão é um material composto por uma mistura de agregados, ligantes, água, ar e adjuvantes, com alterações da matriz cimentícia, todas as suas características mecânicas do betão se alteram. Daí se verificarem diferenças em comportamentos das matrizes cimentícias, utilizadas no trabalho experimental os provetes de aplicação serem de extrema importância.

Durante o trabalho experimental, foram realizados ensaios complementares à flexão e posteriormente à compressão, para a caracterização da primeira matriz cimentícia, segunda matriz cimentícia e da mistura entre ambas.

Os provetes utilizados neste estudo complementar são (160mmx40mmx40mm).

4.1 – Objetivo

Este trabalho complementar foi construído com objetivo de verificarmos que as características dos componentes das matrizes cimentícias, se mantinham constantes durante o período de ensaios.

Sabendo que nas atividades experimentais existe sempre uma margem de erro no fabrico das matrizes, as determinações das resistências do cimento são de extrema importância, todos os detalhes que envolvem a composição do betão, seus constituintes, fabrico, conservação antes e após o desmolde dos provetes, devem ser caracterizados.

As características das resistências mecânicas podem alterar-se através da diferença de um pequeno detalhe. Com os resultados espero mostrar os diferentes comportamentos das matrizes cimentícias, individuais e mistura, em ensaios à flexão e compressão.

4.2 - Condições Gerais

Este ensaio aplica-se a todas as matrizes cimentícias utilizadas no trabalho sempre de acordo com a norma NP EN 197 -1 [8].

O método consiste na determinação das resistências à flexão e compressão de provetes de forma prismática, com as dimensões 40mmx40mmx160mm.

A figura seguinte mostra-nos o molde com os três provetes, construídos ao longo deste trabalho para os ensaios à flexão e compressão aos 7 dias depois da betonagem.

Moldes (40mm x 40mm x 160mm)

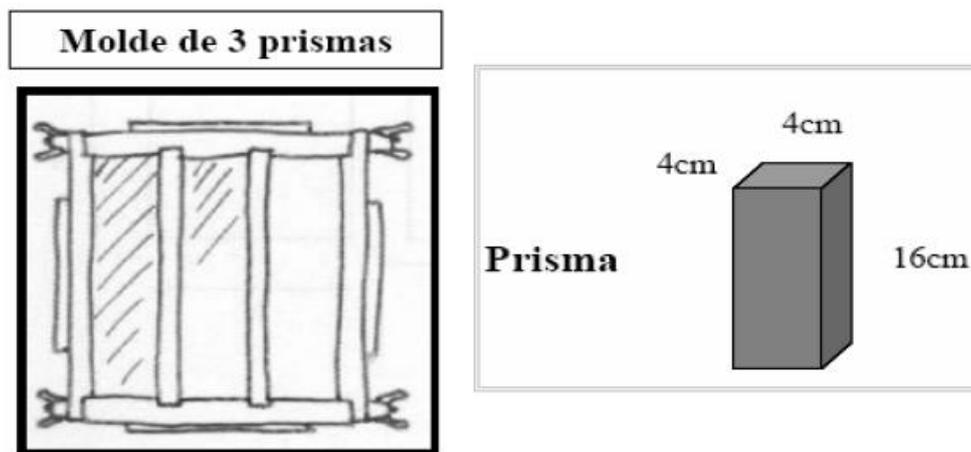


Figura nº 52 - Figura dos três moldes (40mmx40mm160mm)



Figura nº 53 - Fotografia dos três moldes prismáticos

4.3 - Composição das matrizes cimentícias e fabrico do betão.

Toda a composição, fabrico e conservação dos provetes antes e após o desmoldes até aos ensaios, os detalhes são os mesmos já descritos para os provetes onde se expôs o trabalho experimental.

O betão para estes moldes é retirado da amassadura feita para os outros moldes (385mmx100mm50mm) do estudo experimental, isto para não existir diferenças na constituição do betão.

4.4 - A conservação

A conservação são as mesmas dos provetes, utilizados na caracterização dos provetes apresentados anteriormente, porque o fabrico é simultâneo com o fabrico e conservação dos provetes do capítulo anterior, para não existirem diferenças no fabrico e na conservação até aos ensaios, entre uns e outros.

4.5 - Ensaios de flexão e compressão

4.5.1 - Ensaios de flexão

Foram realizados ensaios numa máquina à flexão, sendo os resultados obtidos automaticamente, com aplicação de uma carga no centro do provete. Como nos mostra a figura seguinte.

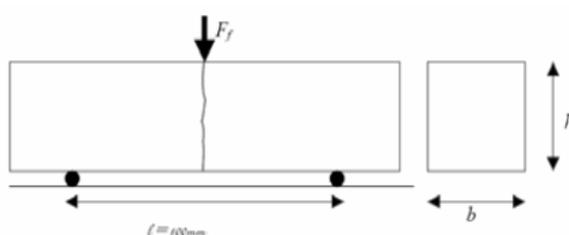


Figura nº 54 - Ensaio à flexão com os provetes prismáticos

Com as cargas suportadas pelos provetes em ensaios à flexão podemos verificar as resistências das matrizes aos 7 dias.

4.5.2 - Ensaios de Compressão

Foram realizados ensaios de compressão numa máquina de ensaios universal à velocidade de carga de 2400 kN/sec.

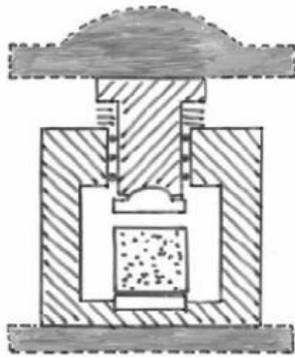


Figura nº 55 - Ensaio à compressão provete (40mmx40mm)

O cálculo da resistência à compressão resulta da compressão suportada pelos seis cubos resultantes dos três prismas aos 7 dias.

Os valores dos ensaios das cargas suportadas à flexão com os prismas e posteriormente com as duas metades do prisma (cubos) em ensaios à compressão, os valores são fornecidos automaticamente pelas respetivas máquinas à flexão e à compressão. Os dados destes ensaios são fornecidos pelo anexo 8.

Quadro nº 56 - Resultados das cargas suportadas pelos provetes no 1º ensaio à flexão e compressão

Data de Betonagem :29-03-2011						
Data do Ensaio :05-04-2011						
Peso em gramas; força em kN						
Betão Simples		Distancia entre apoios (mm) : 140				
Tipo de Ensaio	Dimensões provete (mm)	Nº Provete	Peso Provete (g)	Carga max (kN)	Stress (kN/mm ²)	Carga Médias
Flexão	40x40x160	1	588	2,39	0	
		2	588	2,45	0	
		3	588	2,73	6,40	2,52
Compressão	40x40x40	1-a		39,1	24,44	
		1-b		36,51	22,82	
		2-a		33,95	21,22	
		2-b		32,85	20,53	
		3-a		35,25	22,03	
		3-b		33,73	21,08	35,23

Quadro nº 57 - Resultados das cargas suportadas pelos provetes no 2º ensaio à flexão e compressão

Data de Betonagem: 27-04-2011						
Data do Ensaio: 04-05-2011						
Peso em gramas; força em kN						
Betão Simples		Distancia entre apoios (mm) = 140				
Tipo de Ensaio	Dimensões provete (mm)	Nº Provete	Peso Provete (g)	Carga max (kN)	Stress (kN/mm ²)	Carga Médias
Flexão	40x40x160	1	588	2,47	0	
		2	588	2,26	0	
		3	588	2,7	0	2,48
Compressão	40x40x40	1-a		34,38	21,49	
		1-b		35,14	21,96	
		2-a		33,36	20,85	
		2-b		30,14	18,84	
		3-a		37,39	23,37	
		3-b		38,38	23,99	34,80

Quadro nº 58- Resultados das cargas suportadas pelos provetes no 3º ensaio à flexão e compressão

Data de Betonagem: 03-06-2011						
Data do Ensaio: 09-06-2011						
Peso em gramas; força em kN						
Betão Simples		Distancia entre apoios (mm) = 140				
Tipo de Ensaio	Dimensões provete (mm)	Nº Provete	Peso Provete (g)	Carga max (kN)	Stress (kN/mm ²)	Carga Média
Flexão	40x40x160	1	561	3,32	7,78	
		2	623	3,64	8,52	
		3	624	4,57	10,7	3,84
Compressão	40x40x40	1-a		53,79	33,62	
		1-b		52,51	32,82	53,15
		2-a		73,61	46,81	
		2-b		72,32	45,2	72,97
		3-a		93,01	58,13	
		3-b		94,1	58,81	93,56
Nota : Primeiro provete e betão simple						
Segundo provete mistura de betão simpels + Sika- Grout						
Treceiro provete Sika-Grout						

A resistência suportada pelos provetes nos ensaios à flexão com a primeira matriz cimentícia os resultados não mostram grandes alterações durante o período de ensaios, com a mistura das duas matrizes cimentícias a resistência suportada é superior $\pm 10\%$ e com a segunda matriz cimentícia a resistência suportada é superior à da mistura $\pm 20\%$.

Nos ensaios a compressão a resistência suportada com a primeira matriz cimentícia os resultados não mostraram grandes alterações durante o período de ensaios, com a

mistura das duas matrizes cimentícias a resistência suportada é superior $\pm 28\%$ e com a segunda matriz cimentícia a resistência suportada é superior à da mistura $\pm 22\%$



Figura nº 56 - Fotografia do provete com a 1ª matriz cimentícia em ensaio à compressão



Figura nº 57 - Fotografia do provete com mistura com a 1ª e 2ª matriz cimentícia em ensaio à compressão



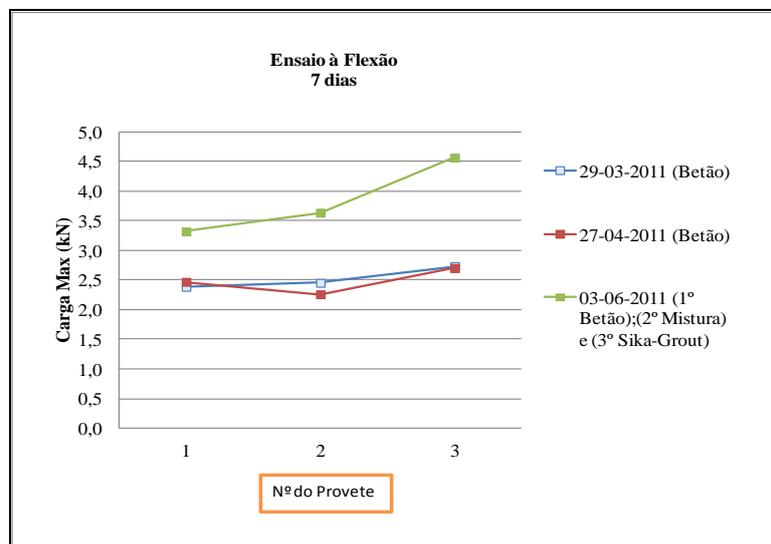
Figura nº 58 - Fotografia do provete com a 2ª matriz cimentícia em ensaio à compressão

O quadro seguinte mostra os valores da resistência suportada pelos provetes prismáticos em ensaios à flexão aos 7 dias.

Quadro nº 59 - Valores das cargas suportadas no ensaio à flexão aos 7 dias

Ensaio à Flexão com 3 apoios			Carga max (kN)
Betonagem	29.03.2011	Betão	2,39
			2,45
			2,73
	29.03.2012	Betão	2,47
			2,26
			2,7
	03.06.2011	Betão	3,32
		Mistura (Betão+Bi-Sika-GROUT)	3,64
		Sika-GROUT	4,57

Quadro nº 60 - Cargas suportadas à flexão aos 7 dias

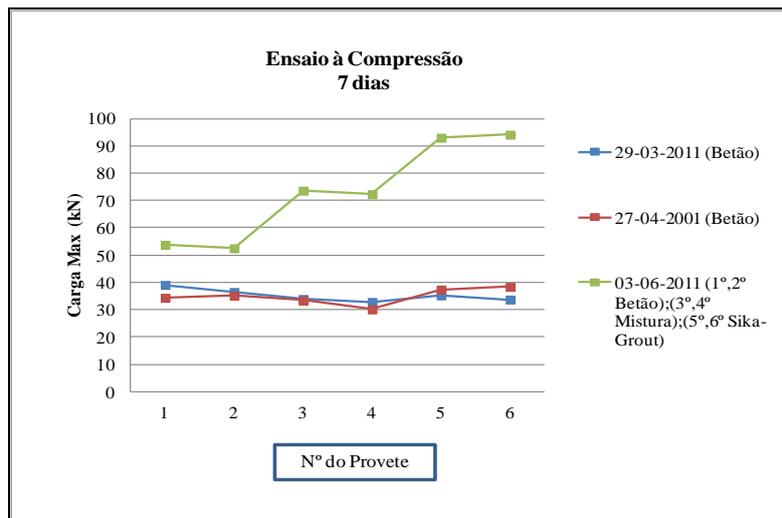


O quadro seguinte mostra os valores da resistência suportada pelos provetes cúbicos em ensaios à compressão aos 7 dias.

Quadro nº 61 - Valores das cargas suportadas no ensaio compressão aos 7 dias

Ensaio à Compressão			Carga max (kN)
Bétonagem	29.03.2011	Betão	39,1
			36,51
			33,95
			32,85
			35,25
	27.04.2011	Betão	33,73
			34,38
			35,14
			33,36
			30,14
	03.06.2011	Betão	37,39
			38,38
			53,79
		Mistura (Betão+Sika-Grout)	52,51
			73,61
Sika-Grout	72,32		
		93,01	
		94,1	

Quadro nº 62 - Cargas suportadas à compressão aos 7 dias



4.6 - Conclusão dos resultados

Nos ensaios à flexão a resistência suportada pelos provetes é o único fator de variação, dos prismas fabricados com as diferentes matrizes, porque em relação à deformação os prismas apresentam um comportamento frágil.

A resistência de deformação está relacionada com a deformação dos provetes. Pela observação das figuras e pelos gráficos, que quanto maior é o valor da resistência maior é a degradação dos cubos nos ensaios à compressão.



Capítulo V – Análise dos resultados e conclusão geral



5.1 - Análise de resultados

Estes ensaios são importantes para análise do desempenho mecânico da armadura, que requiere um cuidado especial na definição das dimensões do provete, para que não haja efeito significativo no decorrer do tempo pós-fissurado do provete.

O conjunto de resultados, obtidos automaticamente das leituras realizadas na máquina de ensaios à flexão, pelos diferentes tipos de provetes e com a introdução de uma matriz cimentícia diferente na base na zona da armadura dos provetes, registaram-se valores de carga superiores.

As fissuras que aparecem no provete, motivada pela energia absorvida no 1º ensaio e quando é submetido ao 2º e posteriormente ao 3º ensaio a suas espessuras aumentam de tamanho, levando o provete ao esgotamento da capacidade de energia provocando a rotura. Este caso ocorre na maioria dos provetes em betão com armadura, as armaduras absorvem e distribuem maior quantidade de energia de deformação. A primeira matriz cimentícia é construída com alguns adjuvantes, com características super- plastificantes e transmitem maior elasticidade ao betão em ensaios à flexão.

Os provetes construídos com duas matrizes cimentícia e com armadura de reforço, fazem realçar as características da malha, devido ao cruzamento do varão a energia distribui-se mais fácil nos provetes. Com malha dobrada em U, nos provetes tipo B, reforça parte das paredes laterais e consegue redistribuir em todo o volume a energia absorvida devido a existir uma cobertura de malha na zona em que a flexão se faz sentir com maior intensidade.

5.2 – Conclusão

O programa experimental que foi apresentado mostrou que existem benefícios no que respeita ao desempenho de peças armadas com armadura de rede em metal distendido.

O principal aspeto destas armaduras é a sua grande capacidade de deformação, e portanto absorção de energia, o que traduz, quando em funcionamento numa matriz cimentícia, a grande capacidade destas peças absorverem energia de deformação, mesmo para estado avançado de fracturação.

Este aspeto representa um invejável benefício em estruturas sujeitas a ações sísmicas. Se por um lado a capacidade de absorção de energia é superior, por outro, e não menos importante, é que a estrutura se mantém, embora danificada, permitindo a retirada de pessoas e bens.

Em estados iniciais de fracturação a presença deste tipo de malha permite também uma maior redistribuição de energia, fazendo com que a peça resista melhor e durante mais tempo ao efeito de propagação da fratura.

Neste último aspeto, a reabilitação da estrutura danificada pode ser encarada com um encaminhamento de uma nova armadura envolvente e recoberta de uma matriz cimentícia aderente ao estado antigo.

Os ensaios realizados provam que:

- 1- A armadura em rede tem um desempenho superior ao da armadura convencional, sendo a comparação de eficiência medida em termos da mesma quantidade de aço, apresentada nas duas formas.
- 2- A matriz sendo envolvida por um maior área de armadura, os provetes em U, conseguem maiores graus de desempenho, ou seja, maior deformação, continuando a resistir. A energia absorvida é maior.
- 3- Os provetes com armadura de rede mantêm-se ligados mesmo depois de fraturado, permitindo uma reconstituição futura.

O comportamento à flexão dos provetes com reforço lateral revela importantes ganhos de energia de deformação com um aumento da capacidade resistência, mesmo sob o efeito de carga cíclica, mas também a uma distribuição do sistema de fissuração, que fica disperso em toda a região fracionada do material e esmagamento do betão.

Nos provetes experimentais desenvolvidos, em relação ao comportamento de absorção da energia de deformação com a primeira matriz cimentícia, com ou sem reforço, bem como a introdução de uma segunda matriz mais coesa na zona das armaduras, foi quantificada e testada. A energia de deformação máxima absorvida dos provetes A e B, está relacionada com o estado de deformação. Deste modo é possível caracterizar um comportamento relativo, entre uma evolução do estado de deformação ou degradação e a energia absorvida pelos provetes.

A matriz cimentícia em Bi-Betão, na zona da armadura por ser mais coesa suporta maior carga à flexão mas impede a malha de se fletir e o processo de rotura é súbito.

Com o aparecimento da primeira fenda de imediato se dá a rotura.

Provetes fabricados com a matriz cimentícia de Betão, podem não apresentar grandes valores no suporte de cargas à flexão ou na energia de deformação absorvida, mas devido à constituição da matriz cimentícia com adjuvantes super-plastificantes, nos provetes armados verifica-se uma facilidade de flexibilidade da malha em cargas cíclicas. Porque mesmo com o provete fissurado, com o recobrimento afastado da malha, devido ao corte horizontal no betão na zona de flexão, o provete ainda apresenta capacidade de absorver mais energia de deformação, pode-se verificar que com a matriz de Betão o reforçado, verificou-se entre 70% a 80% dos provetes existir um aviso prévio da rotura com aparecimento da primeira fenda.

5.3 - Desenvolvimentos futuros

O objetivo de qualquer investigação é contribuir para algo com utilidade futura. Neste caso é desejável continuar o trabalho realizado de forma a obter-se uma amostragem de resultados suficientemente claros para se poderem fazer recomendações de dimensionamento. Neste momento existe um grande vazio sobre o estudo com este tipo de material (rede distendida) como reforço de betão.

Seria interessante alargar a investigação do reforço com malha a elementos sujeitos à degradação ambiental, com vista a elementos futuros reforçados no exterior e à flexão.

Provetes sujeitos a uma carga à flexão e depois de alguma deformação e com um possíveis de restauro qual seria as suas capacidades de absorver energia de deformação.

Com os resultados obtidos neste trabalho, surgiu uma tendência em relação aos provetes armados com malha, um corte no betão por parte da malha, na zona de maior flexão. Essa tendência resulta da utilização de grande quantidade agregados finos, que oferecem pouca resistência ao corte colocando na maioria dos provetes armadura a descoberto nessa zona.





Bibliografia

- [1] - Norma Portuguesa EN 206-1 2007 (Eurocódigo-2 : Projeto de Estruturas de Betão)
- [2] - Norma Portuguesa EN 12620 2004 - (Agregados para Betão).
- [3] - NP ENV 13670-1 de 2007 (Regras gerais de execução de estruturas de betão)
- [4] - Norma Portuguesa EN 12350-1
- [5] - Norma Portuguesa EN 12390-2 2005- (Ensaios de Betão endurecido)
- [6] - Betão Reforçado com Fibras de Carbono e Estudo de Propriedades Mecânicas e Físicas (Universidade do Minho)
- [7] - Norma Portuguesa EN 12390-5 2003 - (Ensaios à flexão)
- [8] - Norma Portuguesa EN 197-1: 2001/A:2005





Anexos





Lista de Anexos

Anexo 1 - Valores das quantidades dos agregados retidos em cada peneiro.

Anexo 2 - Ficha técnica do cimento

Anexo 3 - Ficha técnica *Sikament*

Anexo 4 - Ficha técnica *Sikalatex*

Anexo 5 - Ficha técnica do *Sika Grout*

Anexo 6 - Registos automáticos dos ensaios à flexão dos provetes A

Anexo 7 - Registos automáticos dos ensaios à flexão dos provetes B

Anexo 8 - Registos automáticos dos ensaios à flexão com provetes prismáticos (160mmx40mmx40) e ensaios à compressão com provetes cúbicos (40mmx40mmx40mm)





Anexo 1

Valores das quantidades dos agregados retidos em cada peneiro





Descrição do Material		Peso Passado(g)	Pen.+Ac.	Peso Retido (g)	% Retida	Larg. Malha(mm)	% Ret.Acumulada	% Retida	% Passada	
Solo Residual	Nº peneiro	905						9,525	100	
	4	496,98	554,06	57,08	6,3	4,75	6,3	4,75	93,7	
	8	463,76	687,11	223,35	24,7	2,36	31,0	2,36	69,0	
	16	438,17	642,94	204,77	22,6	1,18	53,6	1,18	46,4	
	30	400,07	544,64	144,57	16,0	0,6	69,6	0,6	30,4	
	50	367,17	466,87	99,70	11,0	0,3	80,6	0,3	19,4	
	100	343,63	413,88	70,25	7,8	0,15	88,4	0,15	11,6	
	200	336,55	413,11	76,56	8,5	0,075	96,8	0,075	3,2	
	Pó			28,72	3,2					
	Bago Arroz	peneiro	500						9,525	100
4		496,98	533,68	36,7	7,3	4,75	7,3	4,75	92,7	
8		463,78	913,26	449,5	89,9	2,36	97,2	2,36	2,8	
16		438,16	444,45	6,3	1,3	1,18	98,5	1,18	1,5	
30		400,1	401,93	1,8	0,4	0,6	98,9	0,6	1,1	
50		362,72	363,52	0,8	0,2	0,3	99,0	0,3	1,0	
100		343,7	344,52	0,8	0,2	0,15	99,2	0,15	0,8	
200		333,71	335,1	1,4	0,3	0,075	99,5	0,075	0,5	
Pó				2,7	0,5					
Areia de Dunar		peneiro	500,17						9,525	100,0
	4	496,94	496,94	0,0	0,0	4,75	0,0	4,75	100,0	
	8	463,73	464,08	0,3	0,1	2,36	0,1	2,36	99,9	
	16	438,13	439,63	1,5	0,3	1,18	0,4	1,18	99,6	
	30	400,07	501,63	101,6	20,3	0,6	20,7	0,6	79,3	
	50	362,72	671,45	308,7	61,7	0,3	82,4	0,3	17,6	
	100	343,69	424,45	80,8	16,1	0,15	98,5	0,15	1,5	
	200	333,07	339,4	6,3	1,3	0,075	99,8	0,075	0,2	
	Pó			0,9	0,2					
	Areia do Rio	peneiro	500,74				25,4		25,4	100
1/2				0,0	0,0	12,7	0,0	12,7	100,0	
3/8				0,0	0,0	9,525	0,0	9,525	100,0	
4		500,74	505,58	4,8	1,0	4,75	1,0	4,75	99,0	
8		463,73	487,24	23,5	4,7	2,36	5,7	2,36	94,3	
16		438,13	539,22	101,1	20,2	1,18	25,8	1,18	74,2	
30		400,07	645,21	245,1	49,0	0,6	74,8	0,6	25,2	
50		362,74	480,6	117,9	23,5	0,3	98,3	0,3	1,7	
100		343,68	350,28	6,6	1,3	0,15	99,7	0,15	0,3	
200		333,73	334,37	0,6	0,1	0,075	99,8	0,075	0,2	
Pó			1,1	0,2						
Mistura	peneiro			2405,9		25,4		25,4	100	
	1/2			0,0	0,0	12,7	0,0	12,7	100,0	
	3/8			0,0	0,0	9,525	0,0	9,525	100,0	
	4			98,6	4,1	4,75	4,1	4,75	95,9	
	8			696,7	29,0	2,36	33,1	2,36	66,9	
	16			313,7	13,0	1,18	46,1	1,18	53,9	
	30			493,1	20,5	0,6	66,6	0,6	33,4	
	50			527,1	21,9	0,3	88,5	0,3	11,5	
	100			158,4	6,6	0,15	95,1	0,15	4,9	
	200			84,9	3,5	0,075	98,6	0,075	1,4	
Pó			33,4	1,4						





Anexo 2

Ficha técnica do cimento





CONSTRULINK.com



GUIÃO TÉCNICO

CIMENTO PORTLAND DE CALCÁRIO
CEM II / B-L 32.5N CEM II/A-L 42.5R

FICHA TÉCNICA – CIMPOR – N° 05

N° de pág.: 4

19 de Fevereiro de 2004



Copyright © 2004 - Construlink.com - Todos os direitos reservados.

CIMENTO PORTLAND DE CALCÁRIO CEM II / B-L 32.5N CEM II/A-L 42.5R

O Cimento, sendo um material de grande utilização deve ser adaptado, nas suas características às funções a desempenhar em cada obra.

O cimentos mistos do tipo II (Portland-composite), compostos de aglomerantes de clínquer portland e pozolânicos, com adição de filler de calcário permitem obter classes de resistência média à compressão compatíveis com as habituais necessidades construtivas obtendo vantagens a nível de trabalhabilidade, calor de hidratação e económicas.

A CIMPOR apresenta na sua gama de produção os seguintes cimentos com adição de calcário.

CEM II / B-L 32.5N  0856

Constituintes:

- 65% ≤ Clínquer ≤ 79%
- 21% ≤ Calcário ≤ 35%
- Sulfato de cálcio regularizador de presa

Características:

- **Químicas**
Sulfatos (SO₃) ≤ 3.5%
Cloretos (Cl) ≤ 0,10%
- **Físicas**
Início de presa (min) ≥ 75
Expansibilidade (mm) ≤ 10
- **Mecânicas**
Resistência à compressão valores mínimos
7 dias: 16,0 MPa
28 dias: 32,5 MPa

Propriedades especiais do betão fabricado com este cimento

- Desenvolvimento lento das resistências iniciais.
- Progressão muito sensível da resistência até aos 28 dias.
- Elevada trabalhabilidade com baixa relação água / cimento

Utilizações recomendadas

- Betão armado
- Indicado indistintamente para todas as classes de resistências com especial vantagem nas de C12/15 a C25/30.
- Com desempenho mecânico a 28 dias.
- Pré-fabricação
- Artefactos e outros elementos de betão simples.

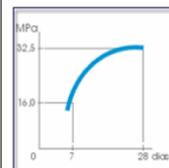


Fig.1 - Resistência mecânica à compressão - curva de crescimento mínimo.

- Elementos estruturais em betão simples.
Betoneira em grandes massas.
- Argamassas de todos os tipos.
- Betão simples de uso geral, em fundações e elevações.

Precauções na aplicação

- Respeitar as dosagens de cimento mínimas e as relações água/cimento máximas normativas
- Proporcionar uma cura e protecção convenientes e de duração normal logo após a colocação em obra
- Não retirar a cofragem nem remover o escoramento antes do betão ter a resistência suficiente.

Contra-indicações

- Em ambientes agressivos seguir estritamente as recomendações normativas e os textos técnicos sobre o assunto.
- Betoneira sob temperaturas.

Condições de Fornecimento e Recepção (NP EN 197-2)**Ensacado**

- Sacos de 50kg
- Palete de 35 sacos = 1750 kg
- Pacotão 44 sacos = 2200 kg

Granel

- 25 toneladas
- Camião de 25 toneladas com meios de descarga (devidamente selado).

CEM II/A-L 42.5R  0856**Constituintes**

- 65% ≤ Clínquer ≤ 79%
- 6% ≤ Calcário ≤ 20%
- Sulfato de cálcio regularizador de presa

Características

- **Químicas**
Sulfatos (SO₃) ≤ 4,0%
Cloretos (Cl) ≤ 0,10%
- **Físicas**
Início de presa (min) ≥ 60
Expansibilidade (mm) ≤ 10
- **Mecânicas**
Resistência à compressão
valores mínimos
2 dias: 20,0 MPa
28 dias: 42,5 MPa

Propriedades especiais do betão fabricado com este cimento

- Desenvolvimento rápido das resistências mecânicas.
- Elevada resistência em todas as idades
- Grande leque de utilizações e bom comportamento mesmo em meios moderadamente agressivos
- Trabalhabilidade elevada

Utilizações recomendadas

- Betão armado
- Indicado indistintamente para todas as classes de resistência com especial vantagem nas C20/25 e C30/35.
- Pré-fabricação
 - Artefactos
 - Elementos estruturais em betão armado e pré-esforçado
 - Blocos de alvenaria e abobadilha em betão leve.
- Pavimentos rodoviários
 - Camadas de base e sub base em betão pobre
 - Solo cimento
 - Camadas de desgaste
- Betão simples de uso geral

Precauções na aplicação

- Respeitar as dosagens de cimento mínimas e as relações água/cimento máximas normativas
- Assegurar uma cura e protecção cuidadosa de duração conveniente, especialmente nas condições climáticas mais adversas
- Não retirar a cofragem nem remover o escoramento antes do betão ter a resistência suficiente
- Confirmar a capacidade resistente no caso de transmissão do pré-esforço.

Contra-indicações

- Contacto com ambientes agressivos (águas e terrenos).
- Betonagens em grandes massas.
- Betonagem sob temperaturas baixas.

Condições de Fornecimento e Recepção (NP EN 197-2)

Granel

- 25 toneladas
- Camião de 25 toneladas com meios de descarga (devidamente selado).

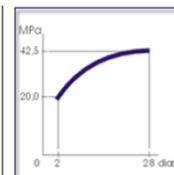


Fig.2 – Resistência mecânica à compressão – curva de crescimento mínimo.

Edição:

Construlink.com

CIMPOR, cimentos de Portugal SGPS
Morada: Rua Alexandre Herculano, 35, 1250-009 Lisboa
Telefone: +351 213 118 100
Fax: +351 219 408 600
Homepage: www.cimpor.pt

Copyright © 2004 - Construlink.com - Todos os direitos reservados.



Anexo 3

Ficha técnica *Sikament*



Ficha de Produto
Edição de Dezembro 2009
Nº de identificação: 1.03 FC
Versão nº 2
Sikament® 300 Plus

CE

Sikament® 300 Plus

Adjuvante para betão

Descrição do produto	Sikament® 300 Plus é um adjuvante superplastificante/ forte redutor de água/ retardador de presa para betão de acordo com a norma NP EN 934-2:T2 e T11.1/11.2. Em dosagens mais baixas o Sikament® 300 Plus comporta-se como um plastificante/redutor de água para betão.
Utilizações	<ul style="list-style-type: none">■ Para betões de classe de resistência baixa e média, onde a conjugação entre a manutenção da consistência e a optimização do ligante são fundamentais.■ Betões com manutenção da consistência elevada.■ Betão com elevado teor em adições.
Características / Vantagens	<ul style="list-style-type: none">■ Aumento das resistências mecânicas versus os plastificantes tradicionais.■ Optimização do teor de ligante da mistura.■ Redução da água de amassadura.■ Relação desempenho/custo - favorável.■ Melhoria da impermeabilidade.■ Isento de cloratos.
Certificados / Boletins de ensaio	Conforme as especificações da norma NP EN 934-2:T2 e T11.1/ 11.2.

Dados do produto

Aspecto / Cor	Líquido castanho escuro.
Fornecimento	200 litros; 1m ³ ; granel.
Armazenagem e conservação	O produto deve ser armazenado nas embalagens originais fechadas, ao abrigo do sol e do frio intenso. Se estiver contido em depósitos, estes devem ser bem limpos interiormente, antes do primeiro enchimento. Conserva-se 18 meses a partir da data de fabrico.

Dados técnicos

Base química	Mistura de polímeros orgânicos e aditivos.
Massa volúmica (23 ± 2 °C)	1,22 ± 0,02 kg/dm ³ .
pH (23 ± 2 °C)	9,7 ± 1,0.
Teor de sólidos	43,5 ± 2,0%.
Teor em iões cloro	< 0,1%.



Sikament® 300 Plus 1/3

Informação sobre o sistema**Pormenores de aplicação**

Consumo / Dosagem	Dosagem corrente (como plastificante / redutor de água): Usar 0,5% a 0,9% sobre o peso do cimento. Dosagem máxima (como superplastificante / forte redutor de água / retardador de presa): Usar 0,9% a 1,4% sobre o peso do cimento.
--------------------------	---

Instruções de aplicação

Mistura	Deverá preparar-se o betão com apenas cerca de $\frac{2}{3}$ da água prevista e adicionar então o adjuvante misturando energeticamente cerca de 1 minuto/m ³ ; só então será adicionada mais alguma água até à consistência desejada. Se o processo não for viável, então adicionar o produto à água de amassadura previamente determinada e misturar o betão até obter uma mistura homogénea. Nunca adicionar o adjuvante ao cimento ou agregados, em seco (redução de eficácia). É possível a adição na autobetoneira desde que seja garantida a uniformidade do betão. No caso de redosagem em obra, deve homogeneizar-se bem o adjuvante na massa do betão. Recomenda-se uma pequena adição de água no recipiente que contém o adjuvante, para reduzir a sua viscosidade e facilitar a sua boa incorporação. O betão deve ser "puxado" acima e o adjuvante deve ser adicionado lentamente, com o tambor a rodar rapidamente; se necessário, inverter o sentido de rotação para ajudar a homogeneização. Tempo de mistura mínimo: 3 minutos.
----------------	---

Aplicação	O adjuvante permite o fabrico de betão de qualidade, consequentemente devem ser cumpridas as regras de boa prática para o fabrico, a colocação e a cura do betão.
------------------	---

Limpeza de ferramentas	Com água.
-------------------------------	-----------

Importante	Recomenda-se a realização de ensaios prévios para se encontrar a dosagem óptima do adjuvante. É possível a utilização deste adjuvante em dosagens superiores às referidas. Para tal basta realizar ensaios prévios, tendo o cuidado de monitorizar o valor das resistências iniciais e das finais. Com geada intensa o adjuvante pode gelar, porém uma vez descongelado lentamente, agitado cuidadosamente e verificada a homogeneidade, poderá voltar a empregar-se. Para qualquer esclarecimento consultar o Departamento Técnico Sika.
-------------------	--

Nota	Todos os dados técnicos referidos nesta Ficha de Produto são baseados em ensaios laboratoriais. Ensaios realizados noutras condições para determinação das mesmas características podem dar resultados diferentes devido a circunstâncias que estão fora do nosso controlo.
-------------	---

Risco e segurança

Medidas de segurança	Mercadoria não perigosa para transporte. Este produto não está classificado de acordo com a legislação da UE. Para mais informações consultar a Ficha de Dados de Segurança do produto e o respectivo rótulo.
-----------------------------	---

Construction

"O produto está seguro na C^o Seguros XL Insurance Switzerland (Apólice n^o CH00003018L105A), a título de responsabilidade civil do fabricante".

A informação e em particular as recomendações relacionadas com aplicação e utilização final dos produtos Sika, são fornecidas em boa fé e baseadas no conhecimento e experiência dos produtos sempre que devidamente armazenados, manuseados e aplicados em condições normais, de acordo com as recomendações da Sika. Na prática, as diferenças no estado dos materiais, das superfícies, e das condições de aplicação em obra, são de tal forma imprevisíveis que nenhuma garantia a respeito da comercialização ou aptidão para um fim em particular, nem qualquer responsabilidade decorrente de qualquer relacionamento legal, poderão ser inferidas desta informação, ou de qualquer recomendação por escrito, ou de qualquer outra recomendação dada. O produto deve ser ensaiado para aferir a adequabilidade do mesmo à aplicação e fins pretendidos. Os direitos de propriedade de terceiros deverão ser observados. Todas as encomendas aceites estão sujeitas às nossas condições de venda e de entrega vigentes. Os utilizadores deverão sempre consultar a versão mais recente da nossa Ficha de Produto específica do produto a que diz respeito, que será entregue sempre que pedida.

Sika Portugal, SA
R. de Santarém, 113
4400-292 V. N. Gaia
Portugal
Tel. +351 22 377 69 00
Fax +351 22 370 20 12
www.sika.pt



Sikament® 300 Plus 3/3





Anexo 4

Ficha técnica *Sikalatex*



Ficha de Produto
Edição de Julho 2007
Nº de identificação: 2.30
Versão nº 7
Sikalatex®

Sikalatex®

Resina de aderência para argamassa de cimento

Descrição do produto Sikalatex® é uma resina solúvel que se adiciona directamente à água de amassadura das argamassas de cimento, para melhorar as suas características, principalmente a aderência.

Utilizações

- Argamassa de alvenaria em geral.
- Rebocos.
- Betonilhas.
- Juntas impermeáveis entre pedra, cerâmicos, blocos, etc.
- Regularização e reparação de betão ou argamassa.
- Retoma de betonagens.
- Assentamento de mosaico, azulejo, pastilha.
- Selagem de poros e cavidades.

Características / Vantagens

- Fácil de usar.
- Torna a argamassa plástica e trabalhável.
- Aumenta as resistências à tracção.
- Limita a fissuração.
- Melhora a dureza e diminui a tendência à formação de poeira.
- Impermeabiliza.
- Reduz a sensibilidade aos ácidos e às gorduras.
- Sikalatex® é inócuo (procès verbal du Laboratoire de Poitiers).
- Forte aderência sobre todos os suportes (betão, pedra, tijolo, metais ferrosos, vidros e cerâmicas).

Dados do produto

Aspecto / Cor Líquido leitoso, branco.

Fornecimento 2 - 5 - 20 litros.

Armazenagem e conservação Armazenar o produto nas embalagens de origem não encetadas e não deterioradas, ao abrigo da radiação directa do sol e da geada, a temperaturas entre +5 °C e +30 °C. Conserva-se 1 ano a partir da data de fabrico.

Dados técnicos

Base química Dispersão aquosa de estireno-butadieno.

Massa volúmica (23 ± 2 °C) Aprox. 1 kg/dm³.

Informação sobre o sistema

Partenores de aplicação

Consumo / Dosagem	Emborro de aderência (ligação)	0,12 litro por m ² e mm de espessura
	Argamassa Sikalatex®	0,80 litro por m ² e cm de espessura
	Emborro de impermeabilização	0,10 litro por m ²



Preparação da base	<p>A base deve estar limpa, sã, isenta de partículas em desagregação, leitadas superficiais, isenta de gorduras, óleos e pinturas e o mais regularizada possível.</p> <p>Bases absorventes: Devem ser humedecidas previamente até à saturação, mas sem encharcar, começando a aplicar a calda ou argamassa SikalateX® quando as superfícies readquirem um aspecto mate.</p>	
Condições de aplicação / Limitações		
Temperatura da base	Mínima: +5 °C / Máxima: +30 °C.	
Temperatura ambiente	Mínima: +5 °C / Máxima: +30 °C.	
Instruções de aplicação		
Preparação da solução SikalateX®	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1 volume de SikalateX®. ■ 2 volumes de água. 	
Preparação do emborro	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1 volume de cimento. ■ 1 volume de areia. <p>Amassar com a solução SikalateX® até obter uma consistência cremosa.</p>	
Preparação das argamassas SikalateX®	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1 volume de cimento. ■ 2 a 2,5 volumes de areia 0-3 mm. <p>Amassar com a solução SikalateX® até obter uma consistência firme.</p>	
Mistura	À mão, como uma vulgar argamassa ou com betoneira (evitar uma amassadura prolongada).	
Aplicação SikalateX® em rebocos	<p>Para obter uma boa aderência dos rebocos ao betão liso e sobre todas as alvenarias: Base limpa e húmida. Fazer um chapisco com a ajuda da argamassa SikalateX®. Deixar endurecer o chapisco. Aplicar o reboco.</p>	
Aplicação SikalateX® em betonilhas	<p>Para obtenção duma boa aderência das betonilhas: Base limpa e húmida. Espalhar o emborro SikalateX® em camada fina de alguns milímetros, com uma brocha rija. Sobre este emborro de aderência ainda fresco e colante, aplicar a betonilha. Se também se adicionar SikalateX® à betonilha, obtém-se melhor resistência ao desgaste e aos óleos. Utilizar uma solução SikalateX® mais fraca (3 volumes de água, 1 volume SikalateX®).</p> <p>Proteger contra a dessecação aplicando sobre a betonilha, logo que a sua superfície perca o brilho da água, uma membrana de cura Antisol® ou, no caso de se prever uma pintura ou revestimento, usar as medidas de cura tradicionais: regas cuidadosas durante os primeiros dias (e, sobretudo, nas primeiras horas), cobertura com tecidos húmidos, folhas de polietileno, etc.</p>	
Aplicação Juntas impermeáveis entre pedra, tijoleira, blocos, etc.	<p>Se necessário, escavar as juntas alguns centímetros. Lavar com jacto de água sob pressão. Encher as juntas ainda húmidas com a argamassa SikalateX® e apertar muito bem.</p>	

Construction

Aplicação
Regularizações
Reparações (pavimentos, rebocos, betão)

Para obter reparações sólidas:
Base limpa e húmida. Preparar uma argamassa SikalateX® de consistência firme, com uma areia bastante fina. Impregnar a parte a reparar com um emboiro SikalateX®. Antes da secagem deste emboiro aplicar e compactar a argamassa SikalateX®. Acabar à esponja, se necessário.



Aplicação
Assentamento de mosaico, azulejo, pastilha

Para melhorar a aderência de mosaicos:
Em paredes: os mosaicos serão aplicados sobre betão liso, ou sobre reboco com a ajuda de uma argamassa SikalateX®. A colocação da argamassa SikalateX® permite obter uma aderência perfeita e durável, na presença de água e mesmo de água do mar (piscinas de água salgada). No pavimento o suporte de betão ou betonilha deve estar sólido, limpo e humedecido. Espalhar uma argamassa SikalateX® de dosagem especial: 1 volume de cimento para 3 volumes de areia; amassada em consistência bastante firme com a solução SikalateX®. Espessura de 1 a 2 cm. Desempenar cuidadosamente com a régua. Fixar os mosaicos com um maço e à medida que se avança, antes do início da presa, de tal modo que a argamassa reflua ligeiramente nas juntas. A calda para acabamento das juntas pode ser preparada com cimento puro amassado com a solução SikalateX®.



Limpeza de ferramentas Com água.

Importante SikalateX permite o fabrico de argamassas de qualidade, consequentemente devem ser cumpridas as regras de boa prática para o fabrico, a colocação e a cura da argamassa.

Nota Todos os dados técnicos referidos nesta Ficha de Produto são baseados em ensaios laboratoriais. Ensaio realizados noutras condições para determinação das mesmas características podem dar resultados diferentes devido a circunstâncias que estão fora do nosso controlo.

Risco e segurança

Medidas de segurança Manipulação não perigosa. Com SikalateX® usar luvas de borracha e óculos de protecção. Para mais informações consultar a Ficha de Dados de Segurança do produto e o respectivo rótulo.

"O produto está seguro na Cº Seguros XL Insurance Switzerland (Apólice nºPCH00003018LID5A), a título de responsabilidade civil do fabricante".
A informação e em particular as recomendações relacionadas com aplicação e utilização final dos produtos Sika, são fornecidas em boa fé e baseadas no conhecimento e experiência dos produtos sempre que devidamente armazenados, manuseados e aplicados em condições normais, de acordo com as recomendações da Sika. Na prática, as diferenças no estado dos materiais, das superfícies, e das condições de aplicação em obra, são de tal forma imprevisíveis que nenhuma garantia a respeito da comercialização ou aptidão para um fim em particular, nem qualquer responsabilidade decorrente de qualquer relacionamento legal, poderão ser inferidas desta informação, ou de qualquer recomendação por escrito, ou de qualquer outra recomendação dada. O produto deve ser ensalado para aferir a adequabilidade do mesmo à aplicação e fins pretendidos. Os direitos de propriedade de terceiros deverão ser observados. Todas as encomendas aceites estão sujeitas às nossas condições de venda e de entrega vigentes. Os utilizadores deverão sempre consultar a versão mais recente da nossa Ficha de Produto específica do produto a que diz respeito, que será entregue sempre que pedida.



Sika Portugal, SA
R. de Santarém, 113
4400-292 V. N. Gaia
Portugal
Tel. +351 22 377 69 00
Fax +351 22 370 20 12
www.sika.pt



SikalateX® 3/3





Anexo 5

Ficha técnica do *Sika Grout*



Ficha de Produto
Edição de Julho 2007
Nº de identificação: 6.10
Versão nº 9
Sika® Grout

Sika® Grout

Argamassa pronta de retracção compensada

Descrição do produto

Sika® Grout é uma argamassa monocomponente de retracção compensada, à base de cimento, fornecida pronta a aplicar após simples amassadura com água.

Utilizações

- Fundações de máquinas e selagens de precisão de equipamentos.
- Enchimento por vazamento da base de aparelhos de apoio.
- Apoios/selagem de pontes rolantes (pórticos) e de gruas.
- Ancoragens de elementos metálicos (armaduras, pernos, cabos, etc.), postes metálicos e de betão, elementos prefabricados, etc.
- Enchimento de fendas e cavidades confinadas no interior do betão.
- Não deve empregar-se para nivelar superfícies livres e não confinadas.

Características / Vantagens

- Fácil de misturar e de colocar em obra. Fluidez favorável, colocação por vazamento.
- Autonivelante.
- Isento de cloretos e de partículas metálicas, por conseguinte não oxida em contacto com humidade.
- Protege as partes metálicas contra a corrosão devido ao seu pH alcalino.
- Ligeiramente expansivo.
- Resistências mecânicas elevadas e desenvolvimento rápido das mesmas.
- Excelente aderência ao betão, a argamassa e a aço. Assegura ligações monolíticas e elevada resistência ao choque e a vibrações.
- Impermeável: resiste a água e óleos.
- Não é corrosivo, nem tóxico.

Dados do produto

Aspecto / Cor Pó cinzento.

Fornecimento Sacos de 30 kg.

Armazenagem e conservação Armazenar o produto nas embalagens de origem não encetadas e não deterioradas. Em local seco, ao abrigo da geada e a temperaturas entre +5 °C e +30 °C. Conserva-se 6 meses após a data de fabrico.

Dados técnicos

Base química Argamassa à base de cimento.

Massa volúmica Aprox. 2,3 kg/dm³ de mistura fresca.

Granulometria Aprox. 0-3 mm.

Espessura por camada Mínimo: 10 mm. / Máximo: 30 mm.



Água de amassadura 12% a 15% sobre o peso da argamassa.
Para cada saco de 30 kg de Sika® Grout, juntar 3,6 a 4,5 litros de água.

**Propriedades físicas /
Mecânicas**

Tensão de aderência Aço Nervurado: Aprox. 15 N/mm² (aos 28 dias).
Aço Liso: Aprox. 4 N/mm².

Expansão às 24 horas Máximo 0,3%. (ASTM C827)

Resistência à compressão Aprox. 55 – 65 N/mm². (EN 196-1)

Água	Resistência à compressão (N/mm ²), aprox.			
	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
12%	36,6	51,9	61,0	63,8
13%	28,5	48,2	53,5	62,5
14%	27,1	46,6	51,3	61,3
15%	24,7	42,6	49,1	57,5

Resistência à flexotração Aprox. 7,5-9,5 N/mm². (EN 196-1)

Informação sobre o sistema

Pormenores de aplicação

Consumo /Dosagem Consumo teórico por m² e por mm de espessura:
2,3 kg de mistura fresca.
2,02 kg de Sika® Grout + 0,28 kg de água.

Preparação da base A base deve estar limpa, sã, isenta de zonas ocas, de gorduras, de óleos e de leitada superficial de cimento. Bases metálicas devem, além disso, estar isentas de ferrugem. A limpeza da base, se necessário, deve ser feita por meios mecânicos. Bases absorventes devem ser humedecidos previamente até à saturação, evitando-se encharcar e começando-se a aplicar o Sika® Grout quando as superfícies tiverem adquirido um aspecto mate (sem água visível).

**Condições de aplicação /
Limitações**

Temperatura da base Mínima: +5 °C. / Máxima: +35 °C.

Temperatura ambiente Mínima: +5 °C. / Máxima: +35 °C.

Instruções de aplicação

Mistura Utilizar de preferência um misturador mecânico de velocidade lenta (até 600 rpm). Verter a quantidade de água necessária num balde de boca e fundo largos, depois adicionar gradualmente Sika® Grout misturando durante 2 a 3 minutos até obter uma mistura homogênea.
A quantidade de água de amassadura pode variar entre 12% e 15% sobre o peso da argamassa, o que equivale a 3,6 a 4,5 litros por saco de 30 kg de Sika® Grout e essa quantidade de água depende da consistência e da resistência mecânica desejadas. Regra geral utilizam-se 14% de água, isto é, 4,2 litros de água por saco de 30 kg de Sika® Grout.
No caso de não existir um misturador mecânico, pode fazer-se a mistura manualmente, mas é necessário prolongar o tempo de mistura para pelo menos 5 minutos.

Aplicação

Sika® Grout coloca-se por vazamento, imediatamente após a amassadura, para aproveitar ao máximo o seu efeito expansivo.
No caso de enchimentos sob placas, deve prever-se um orifício de entrada da argamassa e outro de saída para facilitar a expulsão do ar. É de todo conveniente facilitar o enchimento por meio de agitação mecânica da mistura, como se pode ver na figura.



Para grandes enchimentos ou para espessuras superiores a 3 cm deve usar-se o Sika® Grout 218.
Pode também fabricar-se um microbetão, adicionando 15 kg de agregados de dimensão entre 3 a 10 mm por cada saco de 30 kg de Sika® Grout.

Limpeza de ferramentas

Limpar ferramentas e equipamentos com água imediatamente após aplicação. Restos endurecidos só podem ser removidos mecanicamente.

Importante

- Sika® Grout não está indicado para nivelamento de superfícies. Devido ao carácter expansivo, as superfícies livres devem ter a menor área possível, para não sofrerem abaulamentos e fissurações.
 - Para aproveitar ao máximo as propriedades expansivas do Sika® Grout, este deve ser aplicado de imediato. De preferência não ultrapassar os 10 minutos após a amassadura.
 - No caso de enchimentos, o diâmetro mínimo da abertura deverá ser de 10 mm.
 - Sika® Grout permite o fabrico de uma argamassa de qualidade, consequentemente devem ser cumpridas as regras de boa prática para o fabrico, a colocação e a cura.
- Para qualquer esclarecimento contactar o Departamento Técnico Sika.

Nota

Todos os dados técnicos referidos nesta Ficha de Produto são baseados em ensaios laboratoriais. Ensaios realizados noutras condições para determinação das mesmas características podem dar resultados diferentes devido a circunstâncias que estão fora do nosso controlo.

Risco e segurança**Medidas de segurança**

Mercadoria não perigosa para transporte. Este produto não está classificado de acordo com a legislação da UE. Para mais informações consultar a Ficha de Dados de Segurança do produto e o respectivo rótulo.

"O produto está seguro na Cª Seguros XL Insurance Switzerland (Apólice nºCH00003018L05A), a título de responsabilidade civil do fabricante".

A informação e em particular as recomendações relacionadas com aplicação e utilização final dos produtos Sika, são fornecidas em boa fé e baseadas no conhecimento e experiência dos produtos sempre que devidamente armazenados, manuseados e aplicados em condições normais, de acordo com as recomendações da Sika. Na prática, as diferenças no estado dos materiais, das superfícies, e das condições de aplicação em obra, são de tal forma imprevisíveis que nenhuma garantia a respeito da comercialização ou aptidão para um fim em particular, nem qualquer responsabilidade decorrente de qualquer relacionamento legal, poderão ser inferidas desta informação, ou de qualquer recomendação por escrito, ou de qualquer outra recomendação dada. O produto deve ser ensalado para aferir a adequabilidade do mesmo à aplicação e fins pretendidos. Os direitos de propriedade de terceiros deverão ser observados. Todas as encomendas aceites estão sujeitas às nossas condições de venda e de entrega vigentes. Os utilizadores deverão sempre consultar a versão mais recente da nossa Ficha de Produto específica do produto a que diz respeito, que será entregue sempre que pedida.



Sika Portugal, SA
R. de Santarém, 113
4400-292 V. N. Gaia
Portugal
Tel. +351 22 377 69 00
Fax +351 22 370 20 12
www.sika.pt







Anexo 6

Registos automáticos dos ensaios à flexão dos provetes A



Proverte A

Betão simples

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 17/03/11
 Time - 17:16:19
 Sample Reference - 0000
 Sample Type - Concrete Channel
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.21 kN
 Pace Rate - 5.000 kN/sec
 Sample Shape - Square (CS1)
 Sample Height - 125.0 mm
 Sample Width - 255.0 mm
 Sample Length - 0.000 mm
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 10/03/11
 Comments 3 - ①

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 07/04/11
 Time - 11:45:52
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.18 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 38.22 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.00 mm
 Sample Length - 385.00 mm
 Weight in Air - 0.000 g
 Weight in Water - 4462 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 10-03-11
 Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 17/03/11
 Time - 17:22:23
 Sample Reference - 0000
 Sample Type - Concrete Channel
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 2.95 kN
 Pace Rate - 5.000 kN/sec
 Sample Shape - Square (CS1)
 Sample Height - 125.0 mm
 Sample Width - 255.0 mm
 Sample Length - 0.000 mm
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 10/03/11
 Comments 3 - ②

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 07/04/11
 Time - 11:51:22
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.38 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.000 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.00 mm
 Sample Length - 385.00 mm
 Weight in Air - 4380 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 10-03-11
 Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 17/03/11
 Time - 17:26:19
 Sample Reference - 0000
 Sample Type - Concrete Channel
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.26 kN
 Pace Rate - 5.000 kN/sec
 Sample Shape - Square (CS1)
 Sample Height - 125.0 mm
 Sample Width - 255.0 mm
 Sample Length - 0.000 mm
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 10/03/11
 Comments 3 - ③

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 07/04/11
 Time - 11:58:07
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.22 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 3.859 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.00 mm
 Sample Length - 385.00 mm
 Weight in Air - 4374.0 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 10-03-11
 Comments 3 - 6

Provete A

Betão armado com malha

Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 17/05/11
Time	- 10:22:25
Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI
Maximum Load	- 4.65 kN <i>2,78 → 2,7</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 5.574 N/mm ² <i>2,974 → 2,532</i>
Sample Depth	- 50.00 mm
Sample Width	- 100.0 mm
Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4517 g <i>flecha 1,3cm</i>
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³ <i>Partiu</i>
Comments 1	- 7
Comments 2	- 10/05/11
Comments 3	- 1

Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 07/06/11
Time	- 14:59:37
Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI
Maximum Load	- 5.32 kN <i>→ 2,77 → 2,28</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 6.385 N/mm ² <i>→ 3,266 → 2,734</i>
Sample Depth	- 50.00 mm
Sample Width	- 100.0 mm
Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4567 g <i>flecha = 9,6</i>
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 28
Comments 2	- 10/5/11
Comments 3	- 4

Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 17/05/11
Time	- 10:25:48
Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI
Maximum Load	- 5.06 kN <i>2,54 - 2,00</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 6.069 N/mm ² <i>2,048 - 2,392</i>
Sample Depth	- 50.00 mm
Sample Width	- 100.0 mm
Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4656 g <i>flecha = 0,9</i>
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³ <i>Partiu</i>
Comments 1	- 7
Comments 2	- 10/05/11
Comments 3	- 2

Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 07/06/11
Time	- 15:02:54
Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI
Maximum Load	- 5.08 kN <i>→ 4,23 → 2,34</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 6.091 N/mm ² <i>→ 3,288 → 2,305</i>
Sample Depth	- 50.00 mm
Sample Width	- 100.0 mm
Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4522 g <i>flecha = 9,6</i>
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 28
Comments 2	- 10/5/11
Comments 3	- 5

Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 17/05/11
Time	- 10:28:21
Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI
Maximum Load	- 4.64 kN <i>→ 2,30 - 1,85</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 5.565 N/mm ² <i>2,760 - 2,22</i>
Sample Depth	- 50.00 mm
Sample Width	- 100.0 mm
Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4550 g <i>flecha = 0,6</i>
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 7
Comments 2	- 10/05/11
Comments 3	- 3

Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 07/06/11
Time	- 15:09:18
Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI
Maximum Load	- 4.98 kN <i>→ 2,92 - 2,43</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 5.982 N/mm ² <i>→ 3,508 - 2,894</i>
Sample Depth	- 50.00 mm
Sample Width	- 100.0 mm
Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4517 g <i>flecha = 0,4</i>
Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 28
Comments 2	- 10/5/11
Comments 3	- 8

Provede A

Betão armado com malha

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 25/03/11
 Time - 16:15:24
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 4.53 kN -->2,90-->2,23
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 5.436 N/mm2 -->3,48-->2,67
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm flecha=9mm
 Weight in Air - 4540 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 18/03/11
 Comments 3 - 1)

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 15/04/11
 Time - 11:45:45
 Sample Reference -
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 5.13 kN --->3,26-->2,25
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 6.153 N/mm2 -->3,91-->2,69
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm flecha=10mm
 Weight in Air - 4487 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 18/03/11
 Comments 3 - 4)

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 25/03/11
 Time - 16:23:06
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 4.83 kN -->2,88-->2,41
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 5.798 N/mm2 -->3,45-->2,89
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm flecha=6mm
 Weight in Air - 4643 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 18/03/11
 Comments 3 - 2

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 15/04/11
 Time - 11:49:28
 Sample Reference -
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 5.27 kN -->2,89-->2,35
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 6.323 N/mm2 -->3,47-->2,82
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm Flecha=6mm
 Weight in Air - 4589 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 18/03/11
 Comments 3 - 5)

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 25/03/11
 Time - 16:26:55
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 4.51 kN -->2,49-->1,80
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 5.416 N/mm2 -->2,98-->2,16
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm flecha=11mm
 Weight in Air - 4614 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 18/03/11
 Comments 3 - 3

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 15/04/11
 Time - 11:52:36
 Sample Reference -
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 4.89 kN -->2,42-->1,89
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 5.073 N/mm2 -->2,90-->2,268
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm flecha=5mm
 Weight in Air - 4593 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 18/03/11
 Comments 3 - 6)

Provete A

Betão Armado com malha reduzida (50%)

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 05/04/11
 Time - 09:44:15
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.32 kN $\rightarrow 1.62 \rightarrow 1.43$
 Pace Rate - 2.500 kN/sec $\rightarrow 1.945 \rightarrow 1.721$
 Stress - 3989 N/mm² **flecha=1cm**
 Sample Depth - 5.000 mm
 Sample Width - 10.00 mm
 Sample Length - 385.00 mm
 Weight in Air - 4518 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 29/03/11
 Comments 3 - ①

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 26/04/11
 Time - 16:08:37
 Sample Reference - SR
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.78 kN $\rightarrow 1.87 \rightarrow 1.65$
 Pace Rate - 2.500 kN/sec $\rightarrow 2.241 \rightarrow 1.983$
 Stress - 4.531 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4574 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 29/03/2011
 Comments 3 - 4
Plexa 0,5 cm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 05/04/11
 Time - 09:48:06
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.42 kN $\rightarrow 1.88 \rightarrow 1.67$
 Pace Rate - 2.500 kN/sec $\rightarrow 2.258 \rightarrow 2.00$
 Stress - 4.102 N/mm² **Flecha=7cm**
 Sample Depth - 5.000 mm
 Sample Width - 10.00 mm
 Sample Length - 385.00 mm
 Weight in Air - 4520 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 29/03/11
 Comments 3 - ②

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 26/04/11
 Time - 16:09:33
 Sample Reference - SR
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.66 kN $\rightarrow 1.52 \rightarrow 0.52$
 Pace Rate - 2.500 kN/sec $\rightarrow 1.822 \rightarrow 0.622$
 Stress - 4.413 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4585 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 29/03/2011
 Comments 3 - 5
Partiu

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 05/04/11
 Time - 09:51:16
 Sample Reference - 00
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.51 kN $\rightarrow 1.87 \rightarrow 1.59$
 Pace Rate - 2.500 kN/sec $\rightarrow 2.245 \rightarrow 1.91$
 Stress - 4.214 N/mm² **flecha=7cm**
 Sample Depth - 5.000 mm
 Sample Width - 10.00 mm
 Sample Length - 385.00 mm
 Weight in Air - 4583 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 29/03/11
 Comments 3 - ③

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 26/04/11
 Time - 16:12:18
 Sample Reference - SR
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.61 kN $\rightarrow 1.58 \rightarrow 1.43$
 Pace Rate - 2.500 kN/sec $\rightarrow 1.895 \rightarrow 1.716$
 Stress - 4.328 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4541 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 29/03/2011
 Comments 3 - 6
flecha=1,5

Provete A

Betão armado com malha

Betão armado com varão

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 08/04/11
 Time - 15:08:15
 Sample Reference - 0
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.37 kN → 1.90
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.039 N/mm² → 2.277
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4586 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 01/04/11
 Comments 3 - Malha-4

Flecha: 1.2 mm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 08/04/11
 Time - 15:11:25
 Sample Reference - 0
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.60 kN → 1.97
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.325 N/mm² → 2.364
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4533 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 01/04/11
 Comments 3 - Malha-5

Flecha: 1.2 mm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 08/04/11
 Time - 15:14:22
 Sample Reference - 0
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.20 kN → 1.97
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 3.844 N/mm² → 2.359
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4519 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 01/04/11
 Comments 3 - Malha-6

Flecha: 1.4 mm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 08/04/11
 Time - 14:57:15
 Sample Reference - 0
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 4.01 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.808 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4524 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 01/04/11
 Comments 3 - Varao-1

Flecha: 1.5 mm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 08/04/11
 Time - 15:01:03
 Sample Reference - 0
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 4.00 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.797 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4485 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 01/04/11
 Comments 3 - Varao-2

Flecha: 1.5 mm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 08/04/11
 Time - 15:04:19
 Sample Reference - 0
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.60 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.555 N/mm²
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4595 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 01/04/11
 Comments 3 - Varao-3

Flecha: 1.8 mm

Proverte A

Bi-Betão simples

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 06/06/11
 Time - 14:48:02
 Sample Reference - SR..
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.84 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.605 N/mm2
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4441 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 30/05/11
 Comments 3 - 1

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 27/06/11
 Time - 14:29:26
 Sample Reference - SR..
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.97 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.763 N/mm2
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4517 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 30/05/11
 Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 06/06/11
 Time - 14:53:31
 Sample Reference - SR..
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.74 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.489 N/mm2
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4457 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 30/05/11
 Comments 3 - 2

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 27/06/11
 Time - 14:32:33
 Sample Reference - SR..
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 4.43 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 5.314 N/mm2
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4656 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 30/05/11
 Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 06/06/11
 Time - 14:57:24
 Sample Reference - SR..
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 3.70 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 4.435 N/mm2
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4460 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 30/05/11
 Comments 3 - 3

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 27/06/11
 Time - 14:35:19
 Sample Reference - SR..
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 4.60 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 5.522 N/mm2
 Sample Depth - 50.00 mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4570 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 30/05/11
 Comments 3 - 6

Proverte A

Bi-Betão armado com malha

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	
Date	- 27/05/11	
Time	- 10:06:29	
Sample Reference	- SR.	
Sample Type	- Beam	
Sample Units	- SI	
Maximum Load	- 6.186	kN → 4.14 → 3.19
Pace Rate	- 2.500	kN/sec
Stress	- 7.418	N/mm ² → 4.964 → 3.822
Sample Depth	- 50.00	mm
Sample Width	- 100.0	mm
Sample Length	- 385.0	mm
Weight in Air	- 4570	g
Weight in Water	- 0.000	g
Sample Density	- 0.000	kg/m ³
Comments 1	- 07	
Comments 2	- 20/05/11	
Comments 3	- 1	
		<i>flecha = 3cm</i>
Operating Mode	- Mode 2 Flexural	
Date	- 27/05/11	
Time	- 10:11:13	
Sample Reference	- SR.	
Sample Type	- Beam	
Sample Units	- SI	
Maximum Load	- 5.55	kN → 3.03 → 1.86
Pace Rate	- 2.500	kN/sec
Stress	- 6.656	N/mm ² → 3.641 → 2.238
Sample Depth	- 50.00	mm
Sample Width	- 100.0	mm
Sample Length	- 385.0	mm
Weight in Air	- 4447	g
Weight in Water	- 0.000	g
Sample Density	- 0.000	kg/m ³
Comments 1	- 07	
Comments 2	- 20/05/11	
Comments 3	- 2	
		<i>flecha 2cm</i>
Operating Mode	- Mode 2 Flexural	
Date	- 27/05/11	
Time	- 10:14:30	
Sample Reference	- SR.	
Sample Type	- Beam	
Sample Units	- SI	
Maximum Load	- 5.53	kN → 3.51 → 3.07
Pace Rate	- 2.500	kN/sec
Stress	- 6.635	N/mm ² → 4.207 → 3.678
Sample Depth	- 50.00	mm
Sample Width	- 100.0	mm
Sample Length	- 385.0	mm
Weight in Air	- 4484	g
Weight in Water	- 0.000	g
Sample Density	- 0.000	kg/m ³
Comments 1	- 07	
Comments 2	- 20/05/11	
Comments 3	- 3	
		<i>flecha = 1,5cm</i>





Anexo 7

Registos automáticos dos ensaios à flexão dos provetes B



Provete B

Betão simples

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 04/05/11	Date	- 25/05/11
Time	- 11:12:39	Time	- 10:14:38
Sample Reference	- SR.	Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 4.95 kN	Maximum Load	- 6.62 kN
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 0.742 N/mm ²	Stress	- 0.993 N/mm ²
Sample Depth	- 100.0 mm	Sample Depth	- 100.0 mm
Sample Width	- 50.00 mm	Sample Width	- 50.00 mm
Sample Length	- 385.0 mm	Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4518 g	Weight in Air	- 4445 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 07	Comments 1	- 28
Comments 2	- 27/04/11	Comments 2	- 27/04/11
Comments 3	- 1	Comments 3	- 4

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 04/05/11	Date	- 25/05/11
Time	- 11:13:38	Time	- 10:16:00
Sample Reference	- SR	Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 5.07 kN	Maximum Load	- 6.11 kN
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 0.760 N/mm ²	Stress	- 0.916 N/mm ²
Sample Depth	- 100.0 mm	Sample Depth	- 100.0 mm
Sample Width	- 50.00 mm	Sample Width	- 50.00 mm
Sample Length	- 385.0 mm	Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4496 g	Weight in Air	- 4430 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 07	Comments 1	- 28
Comments 2	- 27/04/11	Comments 2	- 27/04/11
Comments 3	- 2	Comments 3	- 5

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 04/05/11	Date	- 25/05/11
Time	- 11:14:53	Time	- 10:17:07
Sample Reference	- SR.	Sample Reference	- SR
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 5.24 kN	Maximum Load	- 5.37 kN
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 0.786 N/mm ²	Stress	- 0.806 N/mm ²
Sample Depth	- 100.0 mm	Sample Depth	- 100.0 mm
Sample Width	- 50.00 mm	Sample Width	- 50.00 mm
Sample Length	- 385.0 mm	Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4362 g	Weight in Air	- 4440 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 07	Comments 1	- 28
Comments 2	- 27/04/11	Comments 2	- 27/04/11
Comments 3	- 3	Comments 3	- 6

Provede B

Betão armado com malha

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 18/04/11
 Time - 14:34:40
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 0.02 kN -->2,41->1,61
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 7.949 N/mm2 -->2,89->1,97
 Sample Depth - 50.00 mm Flecha=2mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4606 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 11/04/11
 Comments 3 - 1

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/05/11
 Time - 15:02:31
 Sample Reference - SR
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 6.78 kN -->1,92->1,45
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.017 N/mm2 -->0,89->0,22
 Sample Depth - 100.0 mm Flecha=6mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4504 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 11/04/11
 Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 18/04/11
 Time - 14:36:34
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 6.36 kN -->2,51->2,14
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 7.631 N/mm2 -->3,02->2,57
 Sample Depth - 50.00 mm Flecha=4mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4548 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 11/04/11
 Comments 3 - 2

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/05/11
 Time - 15:04:24
 Sample Reference - SR
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 6.07 kN -->1,74->1,32
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 0.911 N/mm2 -->0,26->0,20
 Sample Depth - 100.0 mm Flecha=3mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4549 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 11/04/11
 Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 18/04/11
 Time - 14:37:48
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 5.90 kN -->2,91->2,11
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 7.085 N/mm2 -->3,59->2,54
 Sample Depth - 50.00 mm Flecha=2mm
 Sample Width - 100.0 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4655 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 11/04/11
 Comments 3 - 3

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/05/11
 Time - 15:05:49
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 5.65 kN -->0,93->1,72
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 0.848 N/mm2 -->0,14->0,26
 Sample Depth - 100.0 mm Flecha=10mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4456 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 11/04/11
 Comments 3 - 6

Provete B

Betão armado com varão

<p>Operating Mode - Mode 2 Flexural Date - 20/04/11 Time - 10:58:08 Sample Reference - SR.. Sample Type - Beam Sample Units - SI Maximum Load - 4.25 kN $\rightarrow 1.04 \rightarrow 0.16$ Pace Rate - 2.500 kN/sec Stress - 0.637 N/mm² $\rightarrow 0.156 \rightarrow 0.114$ Sample Depth - 100.0 mm Sample Width - 50.00 mm Sample Length - 385.0 mm Weight in Air - 4219 g Weight in Water - 0.000 g Sample Density - 0.000 kg/m³ Comments 1 - 07 Comments 2 - 13/04/11 Comments 3 - 1</p>	<p>Operating Mode - Mode 2 Flexural Date - 11/05/11 Time - 16:26:57 Sample Reference - SR.. Sample Type - Beam Sample Units - SI Maximum Load - 5.09 kN $\rightarrow 2.75 \rightarrow 0.20$ Pace Rate - 2.500 kN/sec Stress - 0.763 N/mm² $\rightarrow 0.18$ Sample Depth - 40.00 mm Sample Width - 40.10 mm Sample Length - 160.0 mm Weight in Air - 4422 g Weight in Water - 0.000 g Sample Density - 0.000 kg/m³ Comments 1 - 28 Comments 2 - 13/04/11 Comments 3 - 4</p>
<p>Operating Mode - Mode 2 Flexural Date - 20/04/11 Time - 11:00:08 Sample Reference - SR.. Sample Type - Beam Sample Units - SI Maximum Load - 4.69 kN $\rightarrow 2.19 \rightarrow 0.20$ Pace Rate - 2.500 kN/sec Stress - 0.734 N/mm² $\rightarrow 0.18 \rightarrow 0.170$ Sample Depth - 100.0 mm Sample Width - 50.00 mm Sample Length - 385.0 mm Weight in Air - 4215 g Weight in Water - 0.000 g Sample Density - 0.000 kg/m³ Comments 1 - 07 Comments 2 - 13/04/11 Comments 3 - 2</p>	<p>Operating Mode - Mode 2 Flexural Date - 11/05/11 Time - 16:31:44 Sample Reference - SR.. Sample Type - Beam Sample Units - SI Maximum Load - 4.84 kN $\rightarrow 2.17$ Pace Rate - 2.500 kN/sec Stress - 0.726 N/mm² $\rightarrow 0.15$ Sample Depth - 100.0 mm Sample Width - 50.00 mm Sample Length - 385.0 mm Weight in Air - 4404 g Weight in Water - 0.000 g Sample Density - 0.000 kg/m³ Comments 1 - 28 Comments 2 - 13/04/11 Comments 3 - 5</p>
<p>Operating Mode - Mode 2 Flexural Date - 20/04/11 Time - 11:01:25 Sample Reference - SR.. Sample Type - Beam Sample Units - SI Maximum Load - 5.55 kN $\rightarrow 2.8 \rightarrow 0.27$ Pace Rate - 2.500 kN/sec Stress - 0.832 N/mm² $\rightarrow 0.12 \rightarrow 0.11$ Sample Depth - 100.0 mm Sample Width - 50.00 mm Sample Length - 385.0 mm Weight in Air - 4357 g Weight in Water - 0.000 g Sample Density - 0.000 kg/m³ Comments 1 - 07 Comments 2 - 13/04/11 Comments 3 - 3</p>	<p>Operating Mode - Mode 2 Flexural Date - 12/05/11 Time - 11:24:36 Sample Reference - SR.. Sample Type - Beam Sample Units - SI Maximum Load - 5.05 kN $\rightarrow 2.62$ Pace Rate - 2.500 kN/sec Stress - 0.757 N/mm² $\rightarrow 0.394$ Sample Depth - 100.0 mm Sample Width - 50.00 mm Sample Length - 365.0 mm Weight in Air - 4369 g Weight in Water - 0.000 g Sample Density - 0.000 kg/m³ Comments 1 - 28 Comments 2 - 13/04/11 Comments 3 - 6</p>

Provete B

Betão armado com malha dobrada em U

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 09/05/11	Date	- 31/05/11
Time	- 14:53:37	Time	- 11:21:27
Sample Reference	- SR.	Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 9.40 kN <i>1.23 → 0.90</i>	Maximum Load	- 11.20 kN <i>Partida</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 1.410 N/mm ² <i>0.194 → 0.155</i>	Stress	- 1.080 N/mm ²
Sample Depth	- 100.0 mm	Sample Depth	- 100.0 mm
Sample Width	- 50.00 mm	Sample Width	- 50.00 mm
Sample Length	- 385.0 mm	Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4665 g <i>flecha = 1cm</i>	Weight in Air	- 4584 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 07	Comments 1	- 28
Comments 2	- 02/05/11	Comments 2	- 02/05/11
Comments 3	- 1	Comments 3	- 4

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 09/05/11	Date	- 31/05/11
Time	- 14:55:37	Time	- 11:23:06
Sample Reference	- SR.	Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 9.86 kN <i>1.83 → 1.07</i>	Maximum Load	- 11.55 kN <i>→ 1.39 → 1.40</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 1.478 N/mm ² <i>0.245 → 0.225</i>	Stress	- 1.732 N/mm ² <i>→ 0.208 → 0.210</i>
Sample Depth	- 100.0 mm	Sample Depth	- 100.0 mm
Sample Width	- 50.00 mm	Sample Width	- 50.00 mm
Sample Length	- 385.0 mm	Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4682 g <i>flecha = 1cm</i>	Weight in Air	- 4848 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 07	Comments 1	- 28
Comments 2	- 02/05/11	Comments 2	- 02/05/11
Comments 3	- 2	Comments 3	- 5

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	Operating Mode	- Mode 2 Flexural
Date	- 09/05/11	Date	- 31/05/11
Time	- 14:57:03	Time	- 11:24:11
Sample Reference	- SR.	Sample Reference	- SR.
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Beam
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 9.75 kN <i>1.65 → 0.99</i>	Maximum Load	- 11.15 kN <i>→ 1.64 → 1.11</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	Pace Rate	- 2.500 kN/sec
Stress	- 1.462 N/mm ² <i>0.248 → 0.118</i>	Stress	- 1.672 N/mm ² <i>2.46 → 0.167</i>
Sample Depth	- 100.0 mm	Sample Depth	- 100.0 mm
Sample Width	- 50.00 mm	Sample Width	- 50.00 mm
Sample Length	- 385.0 mm	Sample Length	- 385.0 mm
Weight in Air	- 4574 g <i>Partida</i>	Weight in Air	- 4668 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 07	Comments 1	- 28
Comments 2	- 02/05/11	Comments 2	- 02/05/11
Comments 3	- 3	Comments 3	- 6

Proverte B

Betão armado em malha dobrada em U (2ª)

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 27/06/11
 Time - 14:17:16
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.43 kN — 1,34 — 0,95
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.715 N/mm2 — 0,201 — 0,147
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4734 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 20/06/11
 Comments 3 - 1

flecha 1,2 cm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 20/07/11
 Time - 11:26:03
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 10.47 kN — 2,15 — 1,82
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.570 N/mm2 — 0,322 — 0,276
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4465 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 30
 Comments 2 - 20/06/11
 Comments 3 - 4

flecha 1 cm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 27/06/11
 Time - 14:18:44
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.22 kN — 1,29 — 1,20
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.683 N/mm2 — 0,194 — 0,180
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4832 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 20/06/11
 Comments 3 - 2

flecha 10 cm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 20/07/11
 Time - 11:31:26
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.52 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.743 N/mm2 — *R. lim*
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4634 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 30
 Comments 2 - 20/06/11
 Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 27/06/11
 Time - 14:20:23
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 10.80 kN — 2,28 — 1,72
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.620 N/mm2 — 0,342 — 0,257
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4527 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 20/06/11
 Comments 3 - 3

flecha = 9,6 cm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 20/07/11
 Time - 11:32:28
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.78 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.768 N/mm2 — *R. lim*
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4717 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m3
 Comments 1 - 30
 Comments 2 - 20/06/11
 Comments 3 - 6

Provete B

Betão armado com varão (2ª)

Betão simples (2ª)

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 07/07/11
Time - 10:39:33
Sample Reference - SR. *partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 5.65 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.847 N/mm²
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4579 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 07
Comments 2 - 30/06/11
Comments 3 - 1

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 07/07/11
Time - 10:31:53
Sample Reference - SR. *partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 3.93 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.580 N/mm²
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4490 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 07
Comments 2 - 30/06/11
Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 07/07/11
Time - 10:41:03
Sample Reference - SR. *partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 5.24 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.786 N/mm²
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4401 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 07
Comments 2 - 30/06/11
Comments 3 - 2

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 07/07/11
Time - 10:33:35
Sample Reference - SR. *partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 1.08 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.162 N/mm²
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4379 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 07
Comments 2 - 30/06/11
Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 07/07/11
Time - 10:42:24
Sample Reference - SR. *partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 5.61 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.842 N/mm²
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4592 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 07
Comments 2 - 30/06/11
Comments 3 - 3

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 07/07/11
Time - 10:37:41
Sample Reference - SR. *partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 2.43 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.364 N/mm²
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4451 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 07
Comments 2 - 30/06/11
Comments 3 - 6

Provete B

Bi-Betão simples

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 19/05/11
 Time - 15:05:16
 Sample Reference -
 Sample Type - Beam *per hi*
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 6.31 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 0.946 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 44.60 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 7
 Comments 2 - 12/05/11
 Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/06/11
 Time - 15:02:51
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam *per hi*
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 7.02 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.053 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4499 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 12/05/11
 Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 19/05/11
 Time - 15:07:48
 Sample Reference -
 Sample Type - Beam *per hi*
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 6.35 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 0.953 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 43.74 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 7
 Comments 2 - 12/05/11
 Comments 3 - 2

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/06/11
 Time - 15:04:08
 Sample Reference - SR...
 Sample Type - Beam *per hi*
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 7.60 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.140 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4433 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 12/05/11
 Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 19/05/11
 Time - 15:09:22
 Sample Reference -
 Sample Type - Beam *per hi*
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 6.98 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.047 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 44.77 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 7
 Comments 2 - 12/05/11
 Comments 3 - 3

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/06/11
 Time - 15:05:19
 Sample Reference - SR...
 Sample Type - Beam *per hi*
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 7.10 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.066 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4403 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 12/05/11
 Comments 3 - 6

Porvete B

Bi-Betão armado com malha

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/06/11
 Time - 14:57:00
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 9.44 kN $\rightarrow 2.78 \rightarrow 1.54$
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.415 N/mm² $\rightarrow 0.425 \rightarrow 0.231$
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4650 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 06
 Comments 2 - 3/6/11
 Comments 3 - 1

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 01/07/11
 Time - 15:32:53
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 10.06 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.509 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4645 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 03/06/11
 Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/06/11
 Time - 14:58:43
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 8.97 kN $\rightarrow 2.27$
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.346 N/mm² $\rightarrow 0.490$
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4651 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 06
 Comments 2 - 3/6/11
 Comments 3 - 2

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 01/07/11
 Time - 15:34:34
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 10.47 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.571 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4654 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 03/06/11
 Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 09/06/11
 Time - 14:59:57
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 9.13 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.370 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4651 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 06
 Comments 2 - 3/6/11
 Comments 3 - 3

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 01/07/11
 Time - 15:36:49
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 10.19 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.529 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4590 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 03/06/11
 Comments 3 - 6

Porvete B

Bi-Betão armado com malha dobrada em U

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 14/06/11
 Time - 15:17:44
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.83 kN → 0.84 → 0.91
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.774 N/mm² → 0.141 → 136
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4775 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 07/06/11
 Comments 3 - 1

flecha = 0.8 mm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 06/07/11
 Time - 14:40:13
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.30 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.695 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4805 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 07/06/11
 Comments 3 - 4

P. 1.1

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 14/06/11
 Time - 15:22:46
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.53 kN → 0.77
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.730 N/mm² → 0.165
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4655 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 07/06/11
 Comments 3 - 2

P. 1.1

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 06/07/11
 Time - 14:41:56
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.07 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.750 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4700 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 07/06/11
 Comments 3 - 5

P. 1.1

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 14/08/11
 Time - 15:24:41
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 11.42 kN → 0.97 → 1.20
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.713 N/mm² → 0.146 → 0.180
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4611 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 07/06/11
 Comments 3 - 3

Flecha = 1.4 mm

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 06/07/11
 Time - 14:43:45
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 10.87 kN → 1.54 → 1.00
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.631 N/mm² → 0.231 → 0.150
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4769 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 07/06/11
 Comments 3 - 6

Flecha = 0.5

Porvete B

Bi-Betão armado com varão

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 22/06/11
 Time - 10:40:02
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 5.08 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 0.762 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4560 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 15/06/11
 Comments 3 - 1

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 13/07/11
 Time - 11:21:39
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 8.98 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.347 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4582 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 15/06/11
 Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 22/06/11
 Time - 10:41:52
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 8.04 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.206 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4552 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 15/06/11
 Comments 3 - 2

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 13/07/11
 Time - 11:23:38
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 8.08 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.212 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4593 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 15/06/11
 Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 22/06/11
 Time - 10:43:35
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 7.63 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 1.144 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4402 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 07
 Comments 2 - 15/06/11
 Comments 3 - 3

Operating Mode - Mode 2 Flexural
 Date - 13/07/11
 Time - 11:25:48
 Sample Reference - SR.
 Sample Type - Beam
 Sample Units - SI
 Maximum Load - 5.96 kN
 Pace Rate - 2.500 kN/sec
 Stress - 0.894 N/mm²
 Sample Depth - 100.0 mm
 Sample Width - 50.00 mm
 Sample Length - 385.0 mm
 Weight in Air - 4637 g
 Weight in Water - 0.000 g
 Sample Density - 0.000 kg/m³
 Comments 1 - 28
 Comments 2 - 15/06/11
 Comments 3 - 6

Porvete B

Bi-Betão armado com varão (2ª)

Operating Mode	- Mode 2 Flexural1	
Date	- 28/07/11	
Time	- 10:25:53	<i>Partiu/mãos</i>
Sample Reference	- SR.	
Sample Type	- Beam	
Sample Units	- SI	
Maximum Load	- 4.26 kN	
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	
Stress	- 0.639 N/mm ²	<i>Partiu</i>
Sample Depth	- 100.0 mm	
Sample Width	- 50.00 mm	
Sample length	- 385.0 mm	
Weight in Air	- 4712 g	
Weight in Water	- 0.000 g	
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	
Comments 1	- 07	
Comments 2	- 21/07/11	
Comments 3	- 1	
Operating Mode	- Mode 2 Flexural1	
Date	- 28/07/11	
Time	- 10:28:03	
Sample Reference	- SR.	
Sample Type	- Beam	
Sample Units	- SI	
Maximum Load	- 5.95 kN	<i>— 2.96</i>
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	
Stress	- 0.892 N/mm ²	<i>— 0.445</i>
Sample Depth	- 100.0 mm	
Sample Width	- 50.00 mm	
Sample Length	- 385.0 mm	
Weight in Air	- 4455 g	
Weight in Water	- 0.000 g	
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	
Comments 1	- 07	
Comments 2	- 21/07/11	
Comments 3	- 2	
Operating Mode	- Mode 2 Flexural1	
Date	- 28/07/11	
Time	- 10:30:05	
Sample Reference	- SR.	
Sample Type	- Beam	
Sample Units	- SI	
Maximum Load	- 7.93 kN	
Pace Rate	- 2.500 kN/sec	
Stress	- 1.189 N/mm ²	<i>Partiu</i>
Sample Depth	- 100.0 mm	
Sample Width	- 50.00 mm	
Sample Length	- 385.0 mm	
Weight in Air	- 4722 g	
Weight in Water	- 0.000 g	
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	
Comments 1	- 07	
Comments 2	- 21/07/11	
Comments 3	- 3	

Porvete B

Bi-Betão simples (2ª)

Simplex

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 28/07/11
Time - 10:09:13
Sample Reference - SR.. *Partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 6.44 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.966 N/mm2
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4576 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m3
Comments 1 - 07
Comments 2 - 21/07/11
Comments 3 - 4

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 28/07/11
Time - 10:12:19
Sample Reference - SR.. *Partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 6.30 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.945 N/mm2
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4533 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m3
Comments 1 - 07
Comments 2 - 21/07/11
Comments 3 - 5

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 28/07/11
Time - 10:16:08
Sample Reference - SR.. *Partiu*
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 6.21 kN
Pace Rate - 2.500 kN/sec
Stress - 0.931 N/mm2
Sample Depth - 100.0 mm
Sample Width - 50.00 mm
Sample Length - 385.0 mm
Weight in Air - 4504 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m3
Comments 1 - 07
Comments 2 - 21/07/11
Comments 3 - 6

Anexo 8

Registos automáticos dos ensaios à flexão com provetes prismáticos (160mmx40mmx40) e ensaios à compressão com provetes cúbicos (40mmx40mmx40mm)



1º Ensaio

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 15/08/85
Time - 07:07:19
Sample Reference - 00
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 2,386 kN
Pace Rate - 0,0600 kN/sec
Stress - 0,000 N/mm²
Sample Depth - 40,00 mm
Sample Width - 40,00 mm
Sample Length - 160,0 mm
Weight in Air - 588,0 g
Weight in Water - 0,000 g
Sample Density - 0,000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 29/03/11
Comments 3 - 1

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 05/04/11
Time - 10:32:43
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 39,10 kN
Pace Rate - 2,400 kN/sec
Stress - 24,44 N/mm²
Sample Height - 40,00 mm
Sample Width - 40,00 mm
Sample Depth - 40,00 mm
Weight in Air - 0,000 g
Weight in Water - 0,000 g
Sample Density - 0,000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 29/03/11
Comments 3 - 1-a

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 05/04/11
Time - 10:34:53
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 36,51 kN
Pace Rate - 2,400 kN/sec
Stress - 22,82 N/mm²
Sample Height - 40,00 mm
Sample Width - 40,00 mm
Sample Depth - 40,00 mm
Weight in Air - 0,000 g
Weight in Water - 0,000 g
Sample Density - 0,000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 29/03/11
Comments 3 - 1-b

Operating Mode - Mode 2 Flexura
Date - 15/08/65
Time - 07:07:29
Sample Reference - 00
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 2.453 kN
Pace Rate - 0.0600 kN/sec
Stress - 0.000 N/mm²
Sample Depth - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Length - 160.0 mm
Weight in Air - 588.0 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 29/03/11
Comments 3 - 2

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 05/04/11
Time - 10:36:21
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 33.95 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 21.22 N/mm²
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 29/03/11
Comments 3 - 2-a

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 05/04/11
Time - 10:37:47
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 32.85 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 20.53 N/mm²
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 29/03/11
Comments 3 - 2-b

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	Operating Mode	- Mode 1 Compression
Date	- 05/04/11	Date	- 05/04/11
Time	- 10:29:06	Time	- 10:39:26
Sample Reference	- 00	Sample Reference	- 20/11
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Cube
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 2.732 kN	Maximum Load	- 35.25 kN
Pace Rate	- 0.0500 kN/sec	Pace Rate	- 2.400 kN/sec
Stress	- 6.403 N/mm ²	Stress	- 22.03 N/mm ²
Sample Depth	- 40.00 mm	Sample Height	- 40.00 mm
Sample Width	- 40.10 mm	Sample Width	- 40.00 mm
Sample Length	- 160.0 mm	Sample Depth	- 40.00 mm
Weight in Air	- 588.0 g	Weight in Air	- 0.000 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 7	Comments 1	- 7
Comments 2	- 29/03/11	Comments 2	- 29/03/11
Comments 3	- 3	Comments 3	- 3
		Operating Mode	- Mode 1 Compression
		Date	- 05/04/11
		Time	- 10:40:55
		Sample Reference	- 20/11
		Sample Type	- Cube
		Sample Units	- SI
		Maximum Load	- 33.73 kN
		Pace Rate	- 2.400 kN/sec
		Stress	- 21.08 N/mm ²
		Sample Height	- 40.00 mm
		Sample Width	- 40.00 mm
		Sample Depth	- 40.00 mm
		Weight in Air	- 0.000 g
		Weight in Water	- 0.000 g
		Sample Density	- 0.000 kg/m ³
		Comments 1	- 7
		Comments 2	- 29/03/11
		Comments 3	- 3

2º Ensaio

Operating Mode - Mode 1 Flexural
Date - 08/04/11
Time - 11:58:53
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 2.47 kN - 2.47
Pace Rate - 0.050 kN/sec
Stress - 29.59 N/mm²
Sample Depth - 40.00 mm
Sample Width - 40.10 mm
Sample Length - 160.0 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 27/04/11
Comments 3 - 1-b

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 08/04/11
Time - 12:38:22
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 34.38 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 21.49 N/mm²
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - /
Comments 2 - 27/04/11
Comments 3 - 1 b1

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 08/04/11
Time - 12:40:11
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 35.14 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 21.96 N/mm²
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 27/04/11
Comments 3 - 1-b2

Operating Mode - Mode 1 Flexural
Date - 08/04/11
Time - 12:04:02
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 2.26 kN
Pace Rate - 0.050 kN/sec
Stress - 29.63 N/mm²
Sample Depth - 40.00 mm
Sample Width - 40.10 mm
Sample Length - 160.0 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 27/04/11
Comments 3 - 2-b

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 08/04/11
Time - 12:41:57
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 33.36 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 20.85 N/mm²
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 27/04/11
Comments 3 - 2-b1

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 08/04/11
Time - 12:45:06
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 30.14 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 18.84 N/mm²
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 27/04/11
Comments 3 - 2-b2

Operating Mode	- Mode 1 Flexural	Operating Mode	- Mode 1 Compression
Date	- 08/04/11	Date	- 08/04/11
Time	- 12:13:08	Time	- 12:47:22
Sample Reference	- 20/11	Sample Reference	- 20/11
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Cube
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 2.70 kN	Maximum Load	- 37.39 kN
Pace Rate	- 0.050 kN/sec	Pace Rate	- 2.400 kN/sec
Stress	- 37.28 N/mm ²	Stress	- 23.37 N/mm ²
Sample Depth	- 40.00 mm	Sample Height	- 40.00 mm
Sample Width	- 40.10 mm	Sample Width	- 40.00 mm
Sample Length	- 160.0 mm	Sample Depth	- 40.00 mm
Weight in Air	- 0.000 g	Weight in Air	- 0.000 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 7	Comments 1	- 7
Comments 2	- 27/04/11	Comments 2	- 27/04/11
Comments 3	- 3-b	Comments 3	- 3-b1
		Operating Mode	- Mode 1 Compression
		Date	- 08/04/11
		Time	- 12:50:11
		Sample Reference	- 20/11
		Sample Type	- Cube
		Sample Units	- SI
		Maximum Load	- 38.38 kN
		Pace Rate	- 2.400 kN/sec
		Stress	- 23.99 N/mm ²
		Sample Height	- 40.00 mm
		Sample Width	- 40.00 mm
		Sample Depth	- 40.00 mm
		Weight in Air	- 0.000 g
		Weight in Water	- 0.000 g
		Sample Density	- 0.000 kg/m ³
		Comments 1	- 7
		Comments 2	- 27/04/11
		Comments 3	- 3-b2

3º Ensaio

Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 18/04/11
Time - 21:54:25
Sample Reference - 00
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 3.320 kN
Pace Rate - 0.0500 kN/sec
Stress - 7.781 N/mm²
Sample Depth - 40.00 mm
Sample Width - 40.10 mm
Sample Length - 160.0 mm
Weight in Air - 591.0 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 3/6/11
Comments 3 - 1

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 18/04/11
Time - 21:59:57
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 53.79 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 33.62 N/mm²
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - /
Comments 2 - 3/6/11
Comments 3 - 1

Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 18/04/11
Time - 22:01:26
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 52.51 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 32.82 N/mm²
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m³
Comments 1 - 7
Comments 2 - 3/6/11
Comments 3 - 1

```
Operating Mode - Mode 2 Flexural
Date - 18/04/11
Time - 21:55:56
Sample Reference - 00
Sample Type - Beam
Sample Units - SI
Maximum Load - 3.637 kN
Pace Rate - 0.0500 kN/sec
Stress - 8.523 N/mm2
Sample Depth - 40.00 mm
Sample Width - 40.10 mm
Sample Length - 160.0 mm
Weight in Air - 623.0 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m3
Comments 1 - 7
Comments 2 - 3/6/11
Comments 3 - 2
```

```
Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 18/04/11
Time - 22:03:23
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 73.61 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 46.01 N/mm2
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m3
Comments 1 - 7
Comments 2 - 3/6/11
Comments 3 - 1
```

```
Operating Mode - Mode 1 Compression
Date - 18/04/11
Time - 22:05:20
Sample Reference - 20/11
Sample Type - Cube
Sample Units - SI
Maximum Load - 72.32 kN
Pace Rate - 2.400 kN/sec
Stress - 45.20 N/mm2
Sample Height - 40.00 mm
Sample Width - 40.00 mm
Sample Depth - 40.00 mm
Weight in Air - 0.000 g
Weight in Water - 0.000 g
Sample Density - 0.000 kg/m3
Comments 1 - 7
Comments 2 - 3/6/11
Comments 3 - 1
```

Operating Mode	- Mode 2 Flexural	Operating Mode	- Mode 1 Compression
Date	- 18/04/11	Date	- 18/04/11
Time	- 21:57:00	Time	- 22:07:54
Sample Reference	- 00	Sample Reference	- 20/11
Sample Type	- Beam	Sample Type	- Cube
Sample Units	- SI	Sample Units	- SI
Maximum Load	- 4.566 kN	Maximum Load	- 93.01 kN
Pace Rate	- 0.0500 kN/sec	Pace Rate	- 2.400 kN/sec
Stress	- 10.70 N/mm ²	Stress	- 58.13 N/mm ²
Sample Depth	- 40.00 mm	Sample Height	- 40.00 mm
Sample Width	- 40.10 mm	Sample Width	- 40.00 mm
Sample Length	- 160.0 mm	Sample Depth	- 40.00 mm
Weight in Air	- 624.0 g	Weight in Air	- 0.000 g
Weight in Water	- 0.000 g	Weight in Water	- 0.000 g
Sample Density	- 0.000 kg/m ³	Sample Density	- 0.000 kg/m ³
Comments 1	- 7	Comments 1	- 7
Comments 2	- 3/8/11	Comments 2	- 3/8/11
Comments 3	- 3	Comments 3	- 1
		Operating Mode	- Mode 1 Compression
		Date	- 18/04/11
		Time	- 22:08:38
		Sample Reference	- 20/11
		Sample Type	- Cube
		Sample Units	- SI
		Maximum Load	- 94.10 kN
		Pace Rate	- 2.400 kN/sec
		Stress	- 58.81 N/mm ²
		Sample Height	- 40.00 mm
		Sample Width	- 40.00 mm
		Sample Depth	- 40.00 mm
		Weight in Air	- 0.000 g
		Weight in Water	- 0.000 g
		Sample Density	- 0.000 kg/m ³
		Comments 1	- 7
		Comments 2	- 3/8/11
		Comments 3	- 1

20/11

3-5