

# RELATÓRIO TÉCNICO

Nota técnica: 01/2009



**Trabalho realizado para:**

Serviços do Ministério Público de Mogadouro

**Trabalho realizado por:**

Débora Ferreira  
Hermínia Morais

## Índice

1 - Introdução .....	3
2 - Descrição dos trabalhos .....	3
3 - Procedimentos realizados “in situ” .....	3
4 – Conclusões dos resultados obtidos .....	5
5 – Referencias Bibliográficas .....	5
Anexo I.....	11



# RELATÓRIO TÉCNICO

## 1 - Introdução

O presente relatório tem como objectivo a elaboração de um parecer técnico sobre averiguação de novos estudos/ensaios referentes à qualidade e resistência do Betão utilizado na estrutura que desabou na Obra do Solar dos Pimenteais, em Castelo Branco, Mogadouro.

O trabalho foi solicitado pelos Serviços do Ministério Público de Mogadouro.

## 2 - Descrição dos trabalhos

Foi efectuada uma visita ao local para verificação do estado da estrutura.

Para o efeito, deslocou-se ao local a equipa técnica necessária à realização do estudo pertencente à Escola Superior de Tecnologia e de Gestão de Bragança (E.S.T.I.G.).

## 3 - Procedimentos realizados “in situ”

O objectivo principal deste trabalho foi a inspecção visual da obra de restauro do Solar dos Pimenteais em, Mogadouro, obra a cargo da empresa Jaime Nogueira e Filhos, LDA. No dia 5 de Maio de 2005 ocorreu um acidente de trabalho na obra atrás referida, durante a descofragem uma das lajes desabou. Para além da inspecção visual foi solicitado que se fizessem ensaios/estudos da qualidade do betão utilizado na betonagem da referida laje.

A visita técnica ao local, foi efectuada no dia 5 de Fevereiro de 2009 e foi verificado que os escombros da laje colapsada haviam sido retirados impedindo a obtenção de carotes que permitissem uma nova análise à qualidade do betão empregue.

No dia 17 de Maio de 2005, uma equipa de técnicos do Laboratório de Materiais de Construção da ESTiG esteve no local e extraiu carotes das vigas e pilares de sustentação da laje colapsada. Não foi possível, na altura, retirar provetes da referida laje por ela não apresentar condições de segurança, ver fotos apresentadas na Figura1. Este trabalho foi solicitado pela empresa Jaime Nogueira e Filhos, LDA. Em anexo vai o relatório elaborado e enviado nessa data.



Figura 1 – Fotos obtidas no dia no dia 17 de Maio de 2005

#### 4 – Conclusões dos resultados obtidos

Na memória descritiva do projecto de execução não é claro o tipo de betão aplicado, pois na pagina 858 (numeração do processo) da memória descritiva ponto 3 referente aos materiais, diz: “Os materiais adoptados foram o betão B20 em todos os elementos de betão armado” no entanto as características resistentes apresentadas são de um B25. Assim fica a dúvida se foi projectado para a obra um B20 ou um B25.

Na tabela 1, são apresentados os valores característicos da tensão de rotura por compressão  $f_{ck}$  (MPa) obtidos no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP) e os valores característicos da tensão de rotura do betão determinados no Laboratório de Materiais de Construção (LMC) da ESTiG.

Designação da classe resistente do betão	Valores característicos mínimos da tensão de rotura por compressão, $f_{ck}$ (MPa) segundo o REBAP	Valores característicos mínimos da tensão de rotura por compressão, $f_m$ (MPa) obtidos no LMC	
	Provetes cubicos	Provetes cubicos	
B20 ou C16/20	20	Vigas	Pilares
B25 ou C20/25	25	15.10	12.13

Segundo a norma BS 6089:1981, os resultados ( $f_m$ ) são comparados com o valor característico mínimo da tensão de rotura por compressão  $f_{ck}$  da seguinte maneira:

- Se a média dos valores obtidos for superior a 85% de  $f_{ck}$  e,
- Se nenhum dos provetes tiver valor inferior a 75% de  $f_{ck}$ ;

Então podemos afirmar que o betão pertence a classe de betão em questão.

Assim sendo,

$$f_m > 0.85 \times f_{ck} \quad e$$

$$f_{min} < 0.75 \times f_{ck}$$

Temos,

Para as vigas:

$$f_m > 0.85 \times f_{ck} \Leftrightarrow 15.10 > 0.85 \times 20 = 17 \quad \text{não verifica}$$

$$f_{min} > 0.75 \times f_{ck} \Leftrightarrow 13.10 > 0.75 \times 20 = 15 \quad \text{não verifica}$$

Para os pilares:

$$f_m > 0.85 \times f_{ck} \Leftrightarrow 12.13 > 0.85 \times 20 = 17 \quad \text{não verifica}$$

$$f_{min} > 0.75 \times f_{ck} \Leftrightarrow 10.25 > 0.75 \times 20 = 15 \quad \text{não verifica}$$

Os resultados foram comparados com os valores característicos mínimos da tensão de rotura por compressão para a classe de betão B20. Não verificou os valores mínimos para esta classe de betão, para uma classe de betão como maior resistência (B25) continua a não verificar.

## 5- Referências bibliográficas

[1] – REBAP, DL N°349-C/83 - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado- Porto Editora

[2] – BS6089-1981 – Guide to Assessment of Concrete Strength in Existing Structures

Bragança, 12 de Fevereiro de 2009



(Débora Rodrigues de Sousa Macanjo Ferreira)



(Hermínia Maria Mesquita Morais)



## **ANEXO I**

(Resultados dos ensaios caracterizadores da capacidade resistente do betão)

# DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO BETÃO APLICADO NA OBRA DO “SOLAR DOS PIMENTEIS – CASTELO BRANCO – MOGADOURO”

## 1) Ensaio elaborado para:

JAIME NOGUEIRA E FILHOS, LDA

## 2) Data de betonagem: 21 de Abril de 2005 (informação fornecida pelo engenheiro da empresa)

Data de extracção das carotes: 17 de Maio de 2005

## 3) Objectivo:

Elaboração de um parecer para estimar a resistência característica do betão com base nos resultados dos ensaios à compressão de oito carotes cilíndricos de betão, com diâmetro de 97 mm, referentes à obra em epígrafe, extraídos em vigas e pilares.

## 4) Procedimento do ensaio:

### 4.1) Equipamento:

A extracção das carotes fez-se à custa de um equipamento de corte rotativo com uma coroa de diamante (caroteadora) por via húmida no dia 17/05/05 pelos funcionários do LMC da ESTiG.

### 4.2) Preparação das carotes:

A preparação das carotes consistiu na rectificação das suas extremidades através de um equipamento de desgaste. Fez-se também a pesagem, identificação do número de varões e diâmetro das armaduras.

A extracção das carotes foi efectuada em vigas e pilares indicados pelo engenheiro da empresa que solicitou o ensaio.

Os ensaios e cálculos foram realizados segundo o previsto nas normas NP EN 12504-1 (2003) – Ensaio do betão nas estruturas: Carotes. Extracção, ensaio e exame à compressão, BS6089-1981 – Guide To Assessment of Concrete Strength in Existing Structures e REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado.

### 4.3) Ensaio à Compressão:

As carotes foram submetidas ao ensaio de compressão, usando uma prensa, onde a carga aplicada foi progressivamente aumentando até se atingir a rotura. Para cada carote foi registado o valor da carga de rotura por compressão (kN) e a respectiva resistência à compressão (MPa).

Os ensaios realizaram-se no LMC da ESTiG no dia 19/05/05.

## 5) Resultados:

Após a realização dos ensaios à compressão descritos no ponto 4.3, elaborou-se o quadro anexo no qual se apresentam os resultados obtidos e cálculos necessários para estimar a resistência à compressão do betão aplicado em obra.

## 6) Conclusões:

Face ao exposto nas secções anteriores, considera-se que:

- O betão analisado para as vigas pode ser aceite para uma tensão característica especificada da ordem de 17 MPa;
- O betão analisado para os pilares pode ser aceite para uma tensão característica especificada da ordem de 13 MPa.

Bragança, 22 de Maio de 2005

A Técnica Superior do LMC



Hermínia Maria Mesquita Morais

### Resistência Real (carotes) e potencial (cubos) de betão

N.º Carote	L (mm)	Peso (kg)	d (mm)	$\phi$ carote (mm)	$\phi_R$ (mm)	$\phi_R \cdot d$ (mm <sup>2</sup> )	Idade	Carga de rotura (kN)	fcarote (MPa)	$\phi$ carote/L	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	f <sub>cubo</sub> (MPa)
Viga 1	166	2.850	11.0	97	8	88.0	27	112.5	15.2	0.58	1.10	1.01	0.989	17.10
Viga 2	168	2.800	0.0	97	0	0.0	27	87.0	11.7	0.58	1.11	1.00	0.989	13.10
													<b>f<sub>m</sub>=</b>	<b>15.10</b>
Pilar 2-A	179	3.000	0.0	97	0	0.0	27	66.9	9.0	0.54	1.13	1.00	0.989	10.25
Pilar 2-B	178	3.000	0.0	97	0	0.0	27	79.0	10.7	0.54	1.12	1.00	0.989	12.17
Pilar 4-A	183	3.000	25.0	97	8	200.0	27	80.9	10.9	0.53	1.13	1.02	0.989	12.70
Pilar 4-B	187	3.050	17.0	97	8	136.0	27	76.4	10.3	0.52	1.14	1.01	0.989	12.00
Pilar 7-A	175	2.900	0.0	97	0	0.0	27	93.5	12.6	0.55	1.12	1.00	0.989	14.26
Pilar 7-B	172	2.850	0.0	97	0	0.0	27	74.9	10.1	0.56	1.11	1.00	0.989	11.38
													<b>f<sub>m</sub>=</b>	<b>12.13</b>

#### Valores característicos da tensão de rotura à compressão (MPa)

##### Vigas:

f<sub>ck</sub> < f<sub>m</sub>/0,85: 17.76

f<sub>ck</sub> < f<sub>min</sub>/0,75: 17.47

##### Pilares:

f<sub>ck</sub> < f<sub>m</sub>/0,85: 14.27

f<sub>ck</sub> < f<sub>min</sub>/0,75: 13.67

**Obs.:** Estima-se que o valor característico da tensão de rotura à compressão em cubos para as vigas seja de 17 MPa.

Estima-se que o valor característico da tensão de rotura à compressão em cubos para os pilares seja de 13

MPa.

As carotes foram extraídas verticalmente, tanto em vigas como em pilares.

**Data de extracção das carotes:** 17-05-2005

**Data do ensaio à compressão das carotes:** 19-05-2005

**Em que:**

**L:** Altura (mm)

**d:** Profundidade (menor distância do eixo da armadura às superfícies das carotes)(mm)

**$\phi_{\text{carote}}$ :** Diâmetro da carote (mm)

**$\phi_r$ :** Diâmetro das armaduras (mm)

**$\alpha_1$ :** Carotes sem aço

$$\alpha_1 = D / (1,5 + \phi_c / L)$$

**D=2,3** para carotes extraídos verticalmente

**D=2,5** para carotes extraídos horizontalmente

**$\alpha_2$ :** Carotes com aço

$$\alpha_2 = 1 + 1,5 * ((\sum \phi_r * d) / (\phi_c * L))$$

**$\alpha_3$ :** Factor de correcção de idade

**$f_{\text{carote}}$ :** Tensão de rotura do carote (Mpa)

**$f_m$ :** Valor médio da tensão de rotura à compressão (MPa)

