

# DIA DO BETÃO

2 de junho 2016 | Hotel Marriott Lisboa

**Betão de Baixa Retração na Reabilitação  
da Ponte Edgar Cardoso - Figueira da Foz**

**José Carlos Marques**



**BetãoLiz**

uma empresa  **InterCement**

## Betão de Baixa Retração na Reabilitação da Ponte Edgar Cardoso - Figueira da Foz

➤ 1. Edgar Cardoso: o Inventor de Pontes

➤ 2. Reabilitação da Ponte Edgar Cardoso

➤ 3. Betão de Baixa Retração

➤ 4. Betão Liz: 50 Anos de Atividade

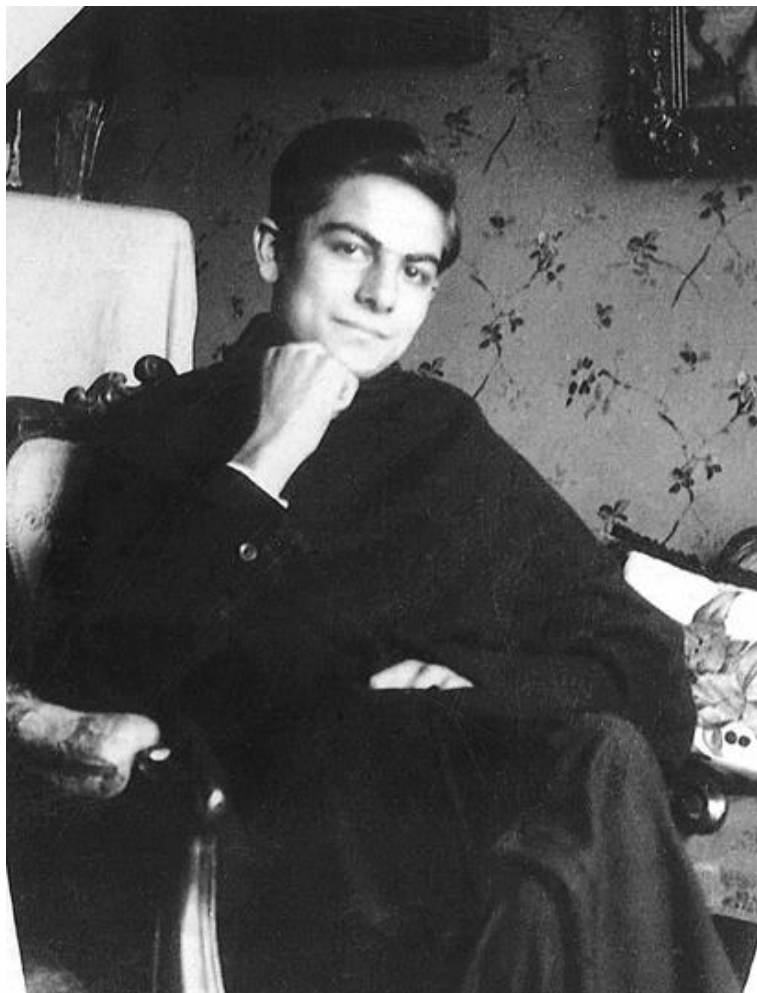




**01**

**EDGAR CARDOSO:  
O INVENTOR DE PONTES**





### **Edgar António de Mesquita Cardoso**

**Nasceu no Porto no dia 11 de Maio de 1913.**

**Licenciou-se em Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia do Porto em 1937, com a média de 17 valores.**

**Efetudou o estágio regulamentar na Junta Autónoma das Estradas, tendo obtido a classificação de 19 valores.**



Em 1938 inicia a sua atividade como Engenheiro Civil na JAE. Paralelamente, exerce atividade privada a partir de 1944, no seu próprio Gabinete.

Ao longo de mais de 55 anos de vida profissional foi autor de cerca de 500 estudos e projetos de estruturas em 4 continentes: Portugal, Angola, Moçambique, Antiga Índia Portuguesa, Brasil, China, Costa Rica, Guiné-Bissau, Macau, Nigéria, Timor e Venezuela.



**A partir de 1951 passa a integrar o corpo docente do Instituto Superior Técnico de Lisboa, como Professor Catedrático.**

**Jubilou-se em 1983.**

**Foi membro da Academia das Ciências de Lisboa e Investigador Honorário do LNEC.**

**Doutor Honoris Causa pelas Faculdades de Arquitetura e de Engenharia da UFRJ, Brasil.**

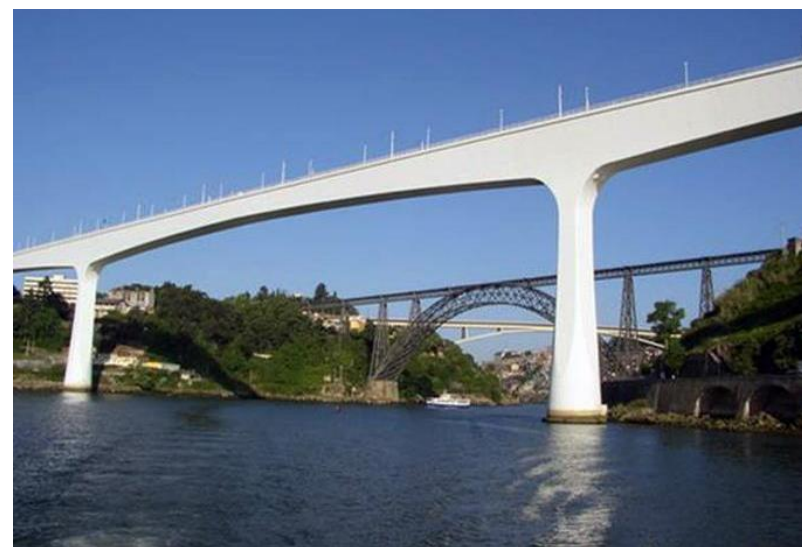
**Faleceu no dia 5 de Julho de 2000.**

***“... em todos os rios há um sítio que foi feito para ter uma ponte e que é preciso encontrá-lo.”***



## Principais Projetos em Portugal:

- Ponte da Arrábida
- Ponte ferroviária de S. João
- Ponte de Santa Clara em Coimbra
- Ponte da Foz do Sousa
- Ponte de Mosteirô no Douro
- Ponte de Barca d'Alva
- Ponte do Vale da Ursa no rio Zêzere
- Ponte da Figueira da Foz
- Viaduto de Entrecampos
- Viaduto de Vila Franca de Xira na A1
- ...



## Projetos no Estrangeiro:

### Em Angola:

- Ponte sobre o Quanza
- Ponte do C.F. de Moçâmedes
- Pontes sobre o Cunene e Dande

### Em Moçambique:

- Ponte de Xai-Xai
- Ponte do Pungué
- Ponte do Save
- Ponte sobre o Zambeze

### Em Macau:

- Ponte Macau-Taipa

### Em Goa, Guiné, Timor, Brasil,...







**A Ponte Edgar Cardoso, conhecida como Ponte sobre o Mondego e também como Ponte da Figueira da Foz foi inaugurada no ano de 1982.**

**Foi a primeira ponte com tabuleiro atirantado construída em Portugal.**





**02**

**REABILITAÇÃO DA PONTE  
EDGAR CARDOSO**



### Reabilitação e Reforço Estrutural da Base das Torres da Ponte Edgar Cardoso na Figueira da Foz.

#### Principais Intervenientes:

- Dono de Obra

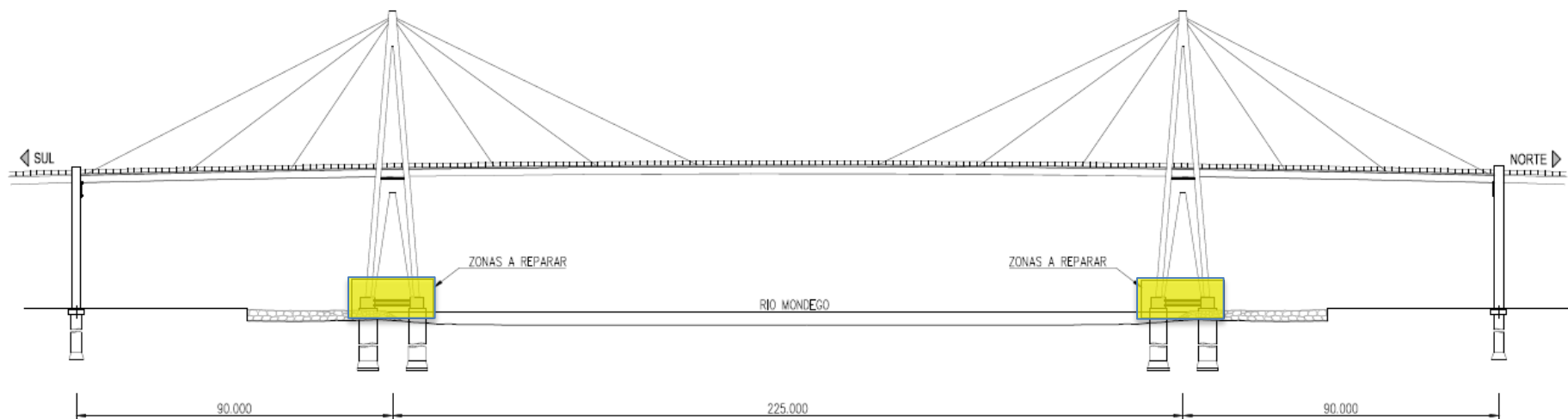


- Projetista



- Empreiteiro





**A Ponte da Figueira da Foz tem um desenvolvimento total de 1421 m, distribuído pelo encontro esquerdo com 25 m, o viaduto da margem esquerda com 630 m, a ponte de tirantes com 405 m, o viaduto da margem direita com 315 m e o encontro direito com 46 m.**

**A ponte de tirantes está dividida em três tramos, possuindo os tramos extremos 90 m e o tramo central 225 m, num desenvolvimento total de 405 m.**

**As torres elevam-se 85 m acima do nível da água.**



### Inspeção aos maciços e vigas travamento:

- As zonas inspecionadas apresentam fissuração generalizada, nos maciços cilíndricos onde apoiam as torres;
- Parte dessas fissuras são acompanhadas pela formação de eflorescências, em alguns casos, de escorrências de tons castanhos escuro que se admite serem provenientes das armaduras passivas corroídas;
- Nas vigas de travamento a fissuração observada é superficial, com aberturas, na generalidade, inferiores a 0.1 mm, e sem orientação preferencial
- No betão original verifica-se uma taxa de penetração de cloretos elevada nos primeiros 5 cm de profundidade.



### Inspeção aos maciços e vigas travamento:





### Trabalho de Reforço e Reabilitação dos maciços:

- Injeção das fissuras com abertura  $\geq 1$  mm;
- Remoção do betão superficial, até 20 mm, além do plano das armaduras expondo a totalidade da superfície lateral dos varões;
- Limpeza das superfícies expostas a jatos húmidos de areia de areia sobre pressão;
- Execução de uma “gola” em betão armado e pré-esforçado com um microbetão auto-compactável e de retração controlada;
- Aplicação de um barramento impermeabilizante espesso de base cimentícia;
- Revestimento das superfícies por intermédio de uma pintura de base acrílica.



### Especificação do Betão no CE:

- Norma NP EN 206-1: 2007
- Classe de resistência: C35/45
- Consistência: BAC - SF2
- Classe de Exposição: XS3
- Classe de Cloretos: Cl 0,2
- Máx. Dimensão Agregado:  $\leq 10$  mm
- Retração Controlada:  
 $\leq 100 \times 10^{-6}$  m/m aos 28 dias  
(Cura: Temp.  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; HR  $50 \pm 5\%$ )





A close-up photograph of a rough, textured concrete surface. The surface is composed of various sized aggregates and a light-colored cement matrix. A prominent red diagonal line runs across the lower portion of the image, separating the textured concrete from a solid red background.

**03**

**BETÃO DE BAIXA RETRAÇÃO**



**RETRAÇÃO NO BETÃO - Diminuição de volume por alteração dos seus componentes ou por saída de água**

**No Estado Fresco:**

- **Retração Plástica - devido à rápida evaporação da água superficial**

**No Estado Endurecido:**

- **Retração Autogénea - sem trocas de humidade, devida às reações de hidratação**
- **Retração por Secagem - devido à saída de água do betão**
- **Retração por Carbonatação - por ação do  $\text{CO}_2$**
- **Retração Térmica - por ação da libertação de calor nas reações de hidratação**

#### Soluções para Reduzir a Retração:

- **Matérias primas de qualidade**
- **Composições adequadas**
- **Reduzir a quantidade de finos**
- **Agregados mais grossos**
- **Baixar a Razão água/cimento**
- **Reduzir a consistência**
- **Adjuvantes superplastificantes**
- **Adjuvantes redutores de retração**
- **Agentes expansivos**
- **Controlar a temperatura e humidade**
- **Melhorar a cura**



## Ensaio Laboratoriais Preliminares:

**C35/45.SF2.XS3(P).D16.C10,2 (BAC)**

Data da Execução dos Provete: 2015/10/14

Tipo de Composição	N.º Amas.	Ligante (kg)	Cimento (kg)	Adição (kg)	Areia F (kg)	Areia M (kg)	Brita 0 (kg)	Brita 1 (kg)	Brita 2 (kg)	Água (kg)	Super. (kg)	Modul. (kg)	Retra. (kg)	Razão A/L
D540.D6 BAC	2713	540	340	200	280	580	700	0	0	195	8,64	1,00	0,00	0,37
D520.D16 BAC	2714	520	320	200	270	600	0	740	0	185	8,32	1,00	0,00	0,37
D520.D16 BAC (BBR)	2715	520	320	200	270	600	0	740	0	180	8,32	1,00	5,20	0,37
D520.D16 BAC (BBR+)	2716	520	320	200	270	600	0	740	0	180	8,32	1,00	10,40	0,38
											(1,6%)		1%   2%	---

### Amassaduras Laboratoriais de 40 litros

Temperatura Ambiente durante as amassaduras: 24°C

Tipo de Composição	Aspecto Betão	Temp. Betão	Água Amas.	Teor de Ar	M.V. B.Fresco	Espalha. (mm)	Tensão de Rotura (MPa)					Crescimento (%)		
							24 h	2 dias	7 dias	28 dias	90 dias	2/7	7/28	28/90
D540.D6 BAC	BAC	25,8	200	2,4%	2310	670	13,4	27,4	38,2	52,1	66,9	39%	36%	28%
D520.D16 BAC	BAC	25,8	190	2,2%	2313	700	11,0	26,7	38,9	52,3	67,6	46%	34%	29%
D520.D16 BAC (BBR)	BAC	25,8	185	1,6%	2333	700	9,0	23,9	36,5	50,2	65,1	53%	38%	30%
D520.D16 BAC (BBR+)	BAC	26,2	182	1,3%	2316	700	3,4	20,1	34,0	47,1	63,5	69%	39%	35%

### Ensaio no L.N.E.C.

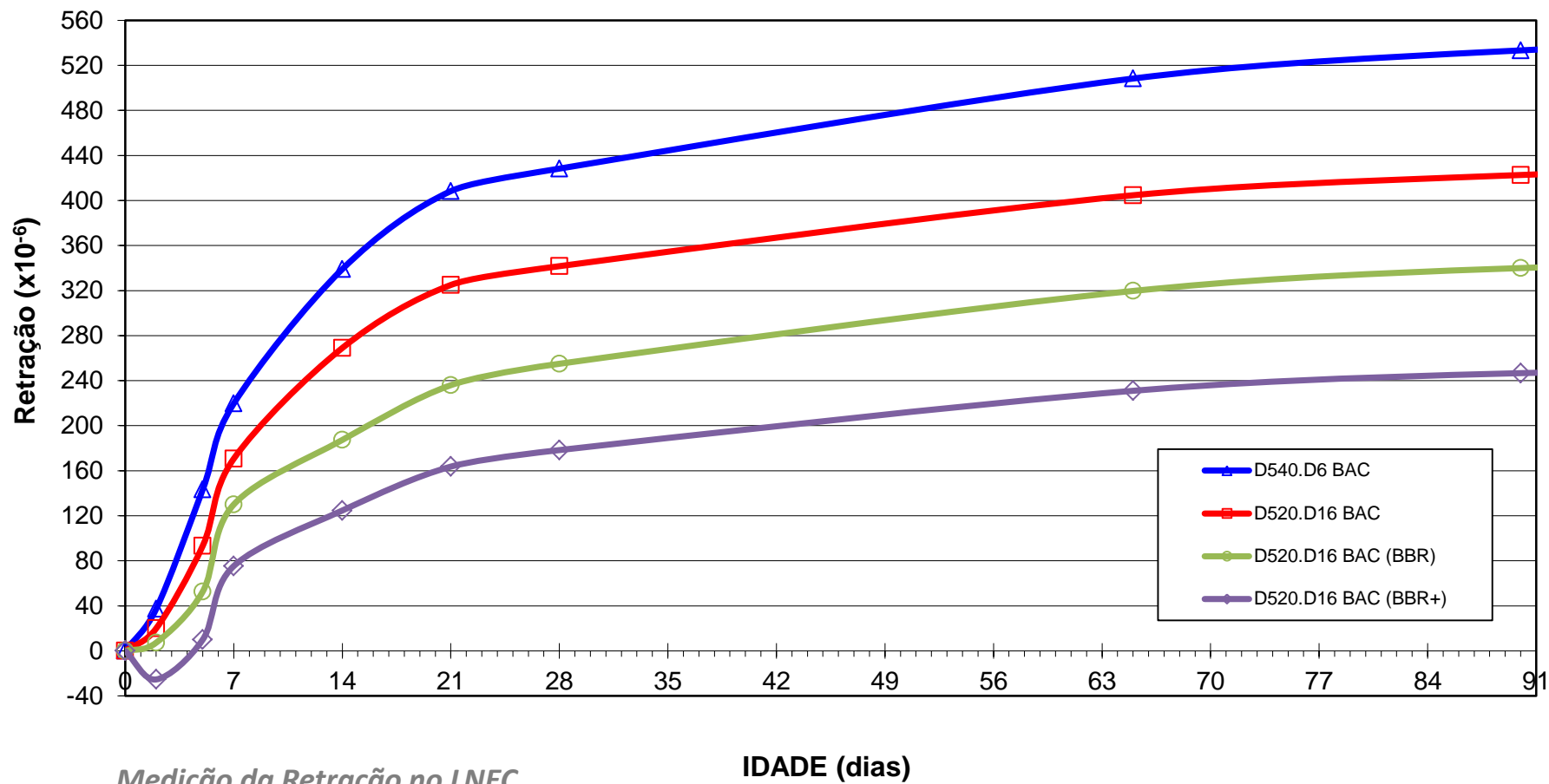
Condições de Conservação: 20±2°C e 50±5%HR

Tipo de Composição	N.º Amas.	Dimensão dos Provete (mm)	Retração (x10 <sup>-6</sup> )									
			24 h	2 dias	5 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	65 dias	90 dias	
D540.D6 BAC	2713	75x75x285	0	37	143	220	339	408	428	508	533	
D520.D16 BAC	2714	75x75x285	0	20	93	171	269	325	342	405	423	
D520.D16 BAC (BBR)	2715	75x75x285	0	7	53	130	187	236	255	320	340	
D520.D16 BAC (BBR+)	2716	75x75x285	0	-25	10	75	125	164	178	231	247	



## Ensaio Laboratoriais Preliminares: Betão Autocompactável

### CURVAS DE DESENVOLVIMENTO DA RETRAÇÃO



Medição da Retração no LNEC

## Ensaaios Industriais:

C35/45.SF2.XS3(P).D16.C10,2 (BAC)

Data da Execução dos Provetes: 2016/01/27

Tipo de Composição	N.º Amas.	Ligante (kg)	Cimento (kg)	Adição (kg)	Areia F (kg)	Areia M (kg)	Brita 0 (kg)	Brita 1 (kg)	Água (kg)	Super. (kg)	Retra. (kg)	Modul. (kg)	Expan. (kg)	Razão A/L
D520.SF2.D16 BAC BBR	2828	520	320	200	260	500	220	600	185	8,32	10,40	1,00	27,00	0,39
(Comp. nº 122271520)														
										(1,6%)	(2,0%)			---

## Amassadura Industrial de 4,50 m³

Temperatura Ambiente durante as amassaduras: 16,5°C

Tipo de Composição	Aspecto Betão	Temp. Betão	Água Amas.	Teor de Ar	M.V. B.Fresco	Espalha. (mm)	Tensão de Ruptura (MPa)					Crescimento		Ensaio Local
							24 h	2 dias	7 dias	28 dias	90 dias	2/7	7/28	
D520.SF2.D16 BAC BBR	BAC	19,5	---	---	---	720	4,5	24,8	38,4	55,3	---	55%	44%	FFOZ
(Comp. nº 122271520)							---	21,6	38,3	52,1	69,7	77%	36%	LC

Ensaaios de Betão Fresco: Espalha.: Ensaio de Espalhamento (SF)

## Ensaaios no L.N.E.C.

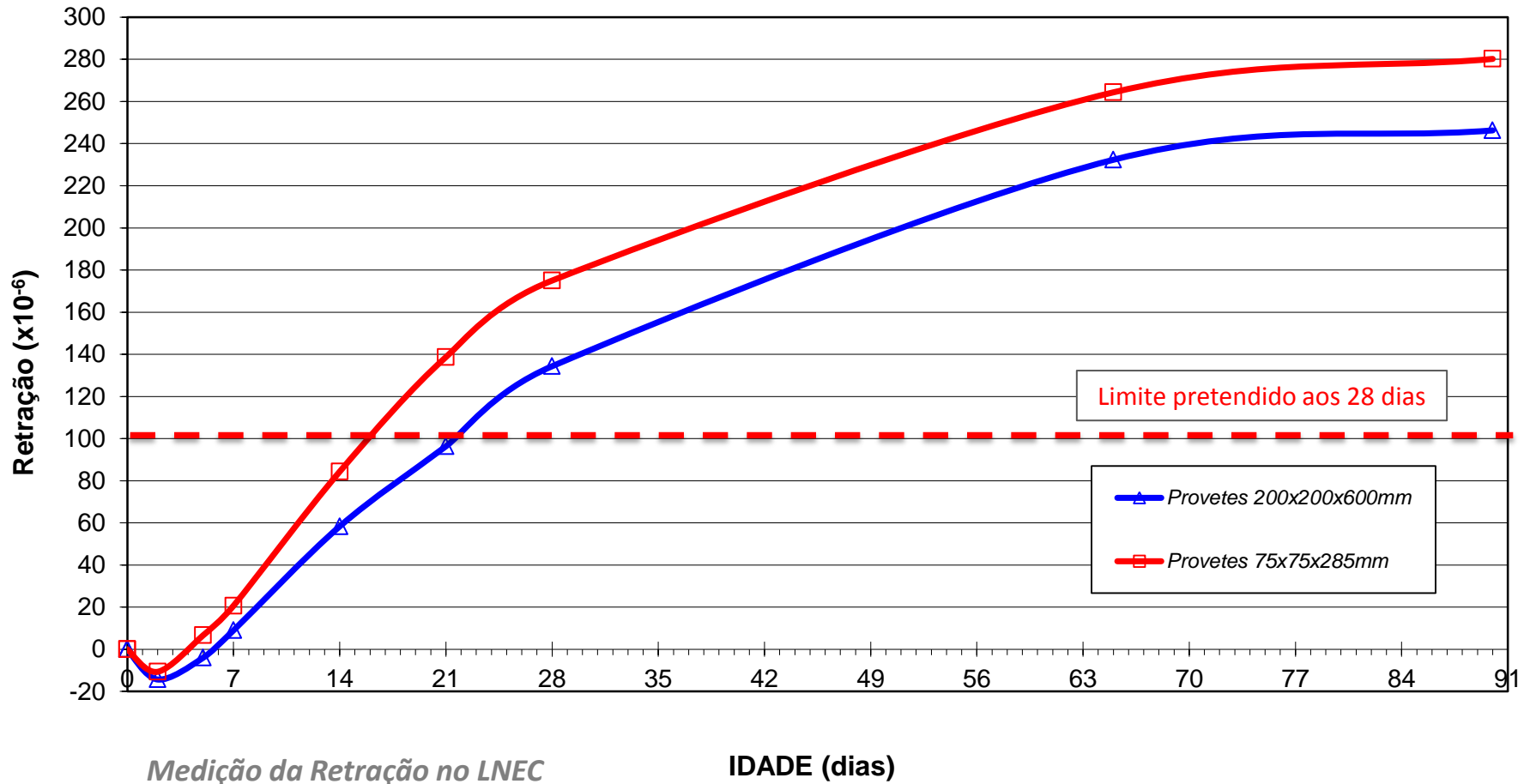
Condições de Conservação: 20±2°C e 50±5%HR

Tipo de Composição	N.º Amas.	Dimensão dos Provete (mm)	Retração (x10 <sup>-6</sup> )									
			24 h	2 dias	5 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	65 dias	90 dias	180 dias
D520.SF2.D16 BAC BBR	2828	200x200x600	0	-14	-4	9	58	96	134	232	241	
		75x75x285	0	-11	7	21	84	139	175	264	285	



## Ensaio Industriais: Betão C35/45.SF2.XS3(P).D16.C10,2 (BBR)

### CURVAS DE DESENVOLVIMENTO DA RETRAÇÃO



## Novos Ensaios Laboratoriais:

**C30/37.S5.XS2(P).D16.CI0,2 (BBR)**

Data das Amassaduras: 2016/03/16

Tipo de Composição	N.º Amas.	Ligante (kg)	Cimento (kg)	Adição (kg)	Areia F (kg)	Areia M (kg)	Brita 0 (kg)	Brita 1 (kg)	Água (kg)	Super. (kg)	Retra. (kg)	Modul. (kg)	Expan. (kg)	Razão A/L
D380.S5.D16 BBR (Alhandra)	2862	380	220	160	300	520	240	720	165	5,32	7,60	1,00	27,00	0,46
										(1,4%)	(2,0%)			---

### Amassaduras Laboratoriais de 40 litros

Temperatura Ambiente durante as amassaduras: 17°C

Tipo de Composição	Aspecto Betão	Temp. Betão	Água Amas.	Teor de Ar	M.V. B.Fresco	Abaixa. (mm)	Tensão de Ruptura (MPa)					Crescimento		Espalha. (mm)
							24 h	2 dias	7 dias	28 dias	90 dias	2/7	7/28	
D380.S5.D16 BBR (Alhandra)	Mto.Bom	19,3	158	1,4%	2376	260	2,2	13,5	29,2	42,7		116%	46%	600

### Ensaios no L.N.E.C.

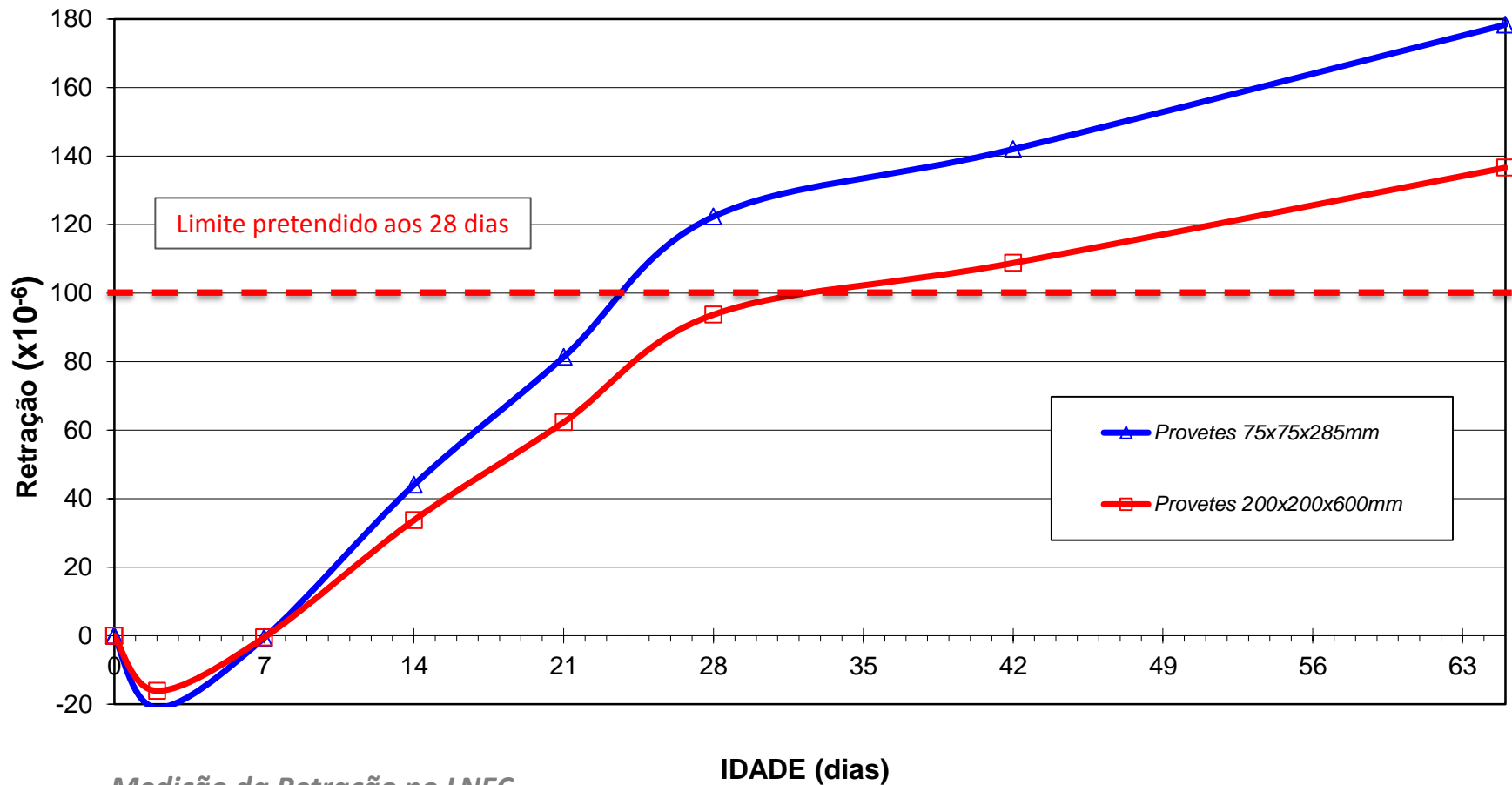
Condições de Conservação: 20±2°C e 50±5%HR

Tipo de Composição	N.º Amas.	Dimensão dos Provetes (mm)	Retração (x10 <sup>-6</sup> )									
			24 h	2 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	42 dias	65 dias	90 dias	180 dias
D380.S5.D16 BBR (Alhandra)	2862	75x75x285	0	-21	-1	44	81	122	142	178		
Valores obtidos pela correlação 0,766		200x200x600	0	-16	-1	34	62	94	109	137		



## Novos Ensaios Laboratoriais: Betão C30/37.S5.XS2(P).D16.C10,2 (BBR)

### CURVAS DE DESENVOLVIMENTO DA RETRAÇÃO



*Medição da Retração no LNEC*

#### Matérias Primas Seleccionadas:

- Cimento CEM I 42,5 R
- Cinzas Volantes
- Areias Naturais Siliciosas
- Britas Calcárias
- Adjuvante Superplastificante
- Adjuv. Redutor de Retração
- Agente Expansivo
- Modelador de Viscosidade





### Ensaio Laboratoriais





**Primeira Betonagem: 18-05-2016**

**Betão produzido no C. P. Figueira Foz**





A close-up photograph of a rough, textured concrete surface. A diagonal red line runs across the lower portion of the image, separating the textured concrete from a solid red background where the text is located.

**04**

**BETÃO LIZ:  
50 ANOS DE ATIVIDADE**



1965

- Início da atividade integrada na Empresa Cimentos de Leiria, S.A.R.L.

1976

- Integração na CIMPOR - Cimentos de Portugal, E. P.

2009

- Fusão da Cimpor Betão e Jomatel na Betão Liz.

2012

- Integração na INTERCEMENT, Grupo Camargo Correia.



*Folheto da Betão Liz de 1973*



### Meio século de Betão Pronto em Portugal



*Fornecimento para um viaduto em Odivelas – 1978*

### Meio século no caminho da Qualidade, Segurança, Sustentabilidade e Inovação



*Central da Betão Liz da Portela de Sintra – 2016*



### Betão de Alta Resistência



*Ponte Infante D. Henrique no Porto – 2002*



### Betão de Resistência Inicial Elevada



*Viaduto do Corgo em Vila Real (A.E. Transmontana) – 2013*

### Betão Texturado



*Museu do Côa – Vila Nova de Foz Côa – 2010*



### Betão Desativado



*Requalificação da Ribeira das Naus em Lisboa – 2013*



### Betão Poroso



*Ciclovía entre Caminha/ Viana do Castelo – 2015*

### Betão Branco



*Edifício Santander Totta em Lisboa – 2016*



### Betão de Baixa Retração



*Reabilitação da Ponte Edgar Cardoso na Figueira da Foz – 2016*



### Betão de Elevada Durabilidade



*Reabilitação do Viaduto Sul da Ponte Vasco da Gama – 2016*

# OBRIGADO!

**Betão Liz**



**InterCement**

Construindo  
parcerias  
sustentáveis