

# ESTUDO DE CARACTERÍSTICA FÍSICA E MECÂNICA DO CONCRETO PELO EFEITO DE VÁRIOS TIPOS DE CURA

**AUTORES :** Eng<sup>o</sup> Roberto J. Falcão Bauer (Diretor técnico)  
Eng<sup>o</sup> Rubens Curti (Gerente técnico)  
Eng<sup>o</sup> Álvaro Martins (Engenheiro civil)  
Téc. Shunji Takashima (Assessor técnico)

Empresa:

**L. A. Falcão Bauer Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Ltda.**

Rua Aquinos, 111 Água branca São Paulo SP CEP : 05036-070  
Fone : (011) 861-0833, Fax : (011) 861-0170,  
home page: <http://www.falcaobauer.com.br>  
e-mail : [bauer@falcaobauer.com.br](mailto:bauer@falcaobauer.com.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho visa caracterizar a importância dos processos de cura de concretos aplicados em obras, mediante a realização de ensaios comparativos de compressão e durabilidade, em quatro dosagens de concreto elaboradas com Cimento Portland CP II-E -32 e CP V-ARI, submetidos a quatro processos de cura.

## 2. METODOLOGIA DE ENSAIO

### 2.1. Materiais

- 1) Cimento Portland : CPIIE – 32 e CPV – ARI
- 2) Agregado miúdo : Areia natural Rio Jacareí
- 3) Agregado graúdo : Pedra britada dimensão máxima de 19 mm, gnaisse
- 4) Aditivo : Plastificante redutor de água Tipo P da Norma ABNT EB-1763
- 5) Agente de cura : Emulsão de hidrocarbonetos.

## 2.2. Traços de concreto

Foram preparados quatro traços, com os dois tipos de cimento e fatores de A/C iguais a 0,48 e 0,62, para cada tipo de cimento.

**Tabela – 1 Tabela de traços**

N° do traço	Tipo de cimento	A / C	Consumo de materiais por metro cúbico					Abatimento ( mm )
			Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	Água ( l/m <sup>3</sup> )	Areia (kg/m <sup>3</sup> )	Pedra 1 (kg/m <sup>3</sup> )	Aditivo Plastificante (ml/m <sup>3</sup> )	
A	CP II-E-32	0,481	387	186	685	1080	968	120
B	CP II-E-32	0,620	300	186	760	1080	750	115
C	CP V-ARI	0,481	387	186	689	1080	968	70
D	CP V-ARI	0,620	300	186	760	1080	750	70

## 2.3. Ensaio previstos

Para cada traço de concreto foram moldados 50 corpos de provas cilíndricos (Ø 100 x 200 mm), para os cinco tipos de condições. Os ensaios realizados foram os relacionados a seguir.

- Resistência à compressão simples, NBR-5739;
- Absorção e índice de vazios, NBR-9778;
- Absorção por capilaridade, NBR-9779.

## 2.4. Tipo de cura

Foram considerados 05 (cinco) condições de cura do concreto.

- Cura normal em câmara úmida NBR-5738;
- 07 (sete) dias em cura normal, a partir do 8º dia no ambiente, ao ar;
- 03 (três) dias em cura normal, a partir de 4º dia no ambiente, ao ar;
- cura química, após 24 (vinte e quatro) horas de idade, aplicação de uma única demão, critério adotado em obra;
- sem cura após desformar, deixando no ambiente, ao ar.

## 2.5. Modo de ruptura

Os corpos de prova foram submetidos a ensaio de resistência à compressão simples, conforme NBR-5739, em estado seco (umidade de equilíbrio), exceção dos submetidos a cura normal.

Concretos em estado saturado apresentam valores de resistência à compressão de 12% a 16% inferiores aos concretos com teor de umidade em equilíbrio com o meio ambiente.

As tabelas 2 e 3, referentes aos resultados dos ensaios de compressão simples, mostram duas médias, a saber: concreto saturado (cura normal) e em (\*) o concreto seco ao ar, por 48 (quarenta e oito) horas ao ar livre após período de 28 (vinte e oito) dias de cura normal.

### 3. RESULTADOS OBTIDOS

#### 3.1. Resistência à compressão simples NBR-5739:

##### 3.1.1. Cimento CP II-E-32

Tabela - 2

Tipo de cura	A/C = 0,48			A/C = 0,62		
	Resistência à compressão 28 dias de idade (MPa)		% sobre cura normal	Resistência à compressão 28 dias de idade (MPa)		% sobre cura normal
	individual	média		individual	média	
Cura normal	39,1	38,0 42,5 *	89,3% 100,0%	24,0	24,3 28,2 *	86,2% 100,0%
	39,8			25,1		
	35,0			23,9		
Cura úmida 7 dias	39,3	40,0	94,1%	29,0	27,7	98,1%
	41,0			27,7		
	39,8			26,4		
Cura úmida 3 dias	39,3	38,8	91,2%	25,2	25,6	90,6%
	38,2			24,6		
	38,9			26,9		
Cura química	35,7	35,2	82,9%	24,9	24,1	85,5%
	37,0			22,6		
	33,0			24,9		
Sem cura	33,3	33,7	79,3%	22,9	21,8	77,4%
	34,5			22,1		
	33,3			20,5		

Obs.:(\*) Tensão média corrigida

##### 3.1.2. Cimento CP V-ARI

Tabela - 3

Tipo de cura	A/C 0,48			A/C 0,62		
	Resistência à compressão 28 dias de idade (MPa)		% sobre cura normal	Resistência à compressão 28 dias de idade (MPa)		% sobre cura normal
	individual	média		individual	média	
Cura normal	47,8	48,1 55,3 *	87,0% 100,0%	37,0	38,5 43,9 *	87,7% 100,0%
	47,8			39,1		
	48,7			39,3		
Cura úmida 7 dias	56,2	53,9	97,4%	43,2	43,1	98,3%
	58,0			43,3		
	47,5			42,8		
Cura úmida 3 dias	53,3	52,6	95,0%	41,6	41,7	95,0%
	55,3			42,2		
	49,1			41,2		
Cura química	47,7	50,4	91,1%	41,6	39,0	88,9%
	50,2			39,2		
	53,2			36,2		
Sem cura	51,7	50,8	91,8%	38,0	38,8	88,4%
	51,6			39,8		
	49,0			38,5		

Obs.:(\*) Tensão média corrigida

### 3.2. Durabilidade

A durabilidade do concreto está diretamente ligada à porosidade capilar, frente a penetração de umidade, Dióxido de carbono e outros agentes agressivos (meio ambiente), portanto a avaliação foi realizada pela determinação da absorção, índice de vazios e capilaridade do concreto.

#### 3.2.1. Absorção e Índice de vazios NBR-9778:

**Tabela – 4 Absorção e Índice de vazios por ferverura NBR-9778**

A/C	Cimento: CP II-E-32				Cimento: CP V-ARI			
	Absorção por ferverura		Índice de vazios		Absorção por ferverura		Índice de vazios	
	individual	média	individual	média	individual	média	individual	média
0,48	3,93	3,92	8,92	9,0	3,97	3,93	9,13	9,0
	3,83		8,88		3,87		8,92	
	4,00		9,17		3,94		8,91	
	4,61	4,73	10,38	10,7	4,34	4,45	9,94	10,2
	4,74		10,71		4,56		10,41	
	4,84		10,87		4,45		10,18	
	5,11	5,02	11,44	11,3	4,68	4,57	10,66	10,4
	5,05		11,39		4,61		10,49	
	4,91		11,06		4,42		10,11	
	4,71	4,77	10,57	10,7	4,56	4,49	10,41	10,3
	4,69		10,55		4,57		10,44	
	4,92		10,99		4,34		9,95	
	5,04	5,02	11,28	11,3	4,34	4,45	9,94	10,2
	4,90		11,00		4,56		10,41	
5,13	11,50		4,45		10,18			
0,62	5,19	5,10	11,47	11,3	5,12	5,04	11,44	11,2
	5,11		11,30		4,96		10,91	
	5,00		11,14		5,03		11,11	
	5,41	5,25	12,01	11,6	5,09	4,90	11,45	11,1
	5,24		11,55		4,79		10,79	
	5,10		11,38		4,81		11,12	
	5,38	5,28	11,88	11,7	5,03	5,03	11,29	11,3
	5,33		11,79		5,06		11,39	
	5,13		11,36		5,00		11,24	
	6,20	5,98	13,60	13,1	5,17	5,22	11,62	11,7
	5,78		12,72		5,42		12,09	
	5,95		13,02		5,08		11,39	
	6,13	6,26	13,49	13,8	5,12	5,11	11,49	11,5
	6,20		13,67		5,14		11,56	
6,44	14,10		5,08		11,44			

Para os ensaios de absorção e índice de vazios, foram adotados tempos de ferverura de 5 horas.

### 3.2.2. Absorção por capilaridade NBR-9779

**Tabela - 5 Absorção por capilaridade NBR-9779**

A/C	Cimento: CPE-II-32				Cimento: CP V-ARI			
	Absorção capilar (g/cm <sup>2</sup> )		Penetração (mm)		Absorção capilar (g/cm <sup>2</sup> )		Penetração (mm)	
	individual	média	individual	média	individual	média	individual	média
0,48	0,96	1,03	82	95	0,94	0,96	94	95
	1,05		102		0,95		96	
	1,07		100		0,99		95	
	1,14	1,16	102	105	0,95	0,92	100	97
	1,17		103		0,90		100	
	1,16		110		0,90		91	
	1,20	1,19	108	106	1,08	1,07	106	107
	1,13		103		1,06		109	
	1,24		107		1,06		105	
	1,07	1,36	112	107	1,09	1,13	105	108
	1,05		105		1,12		110	
	1,95		103		1,18		110	
	1,31	1,25	103	104	0,95	0,92	100	97
	1,18		102		0,90		100	
1,25	108		0,90		91			
0,62	1,32	1,37	47	87	1,15	1,14	105	110
	1,45		103		1,15		110	
	1,34		110		1,12		114	
	1,39	1,37	133	124	1,14	1,18	106	107
	1,31		109		1,18		108	
	1,42		131		1,21		108	
	1,65	1,60	127	126	1,14	1,22	100	103
	1,60		135		1,29		100	
	1,55		117		1,23		109	
	1,40	1,37	118	119	1,29	1,22	122	117
	1,29		110		1,18		115	
	1,43		130		1,19		115	
	1,66	1,60	130	128	1,36	1,29	126	115
	1,55		129		1,23		113	
1,58	124		1,28		106			

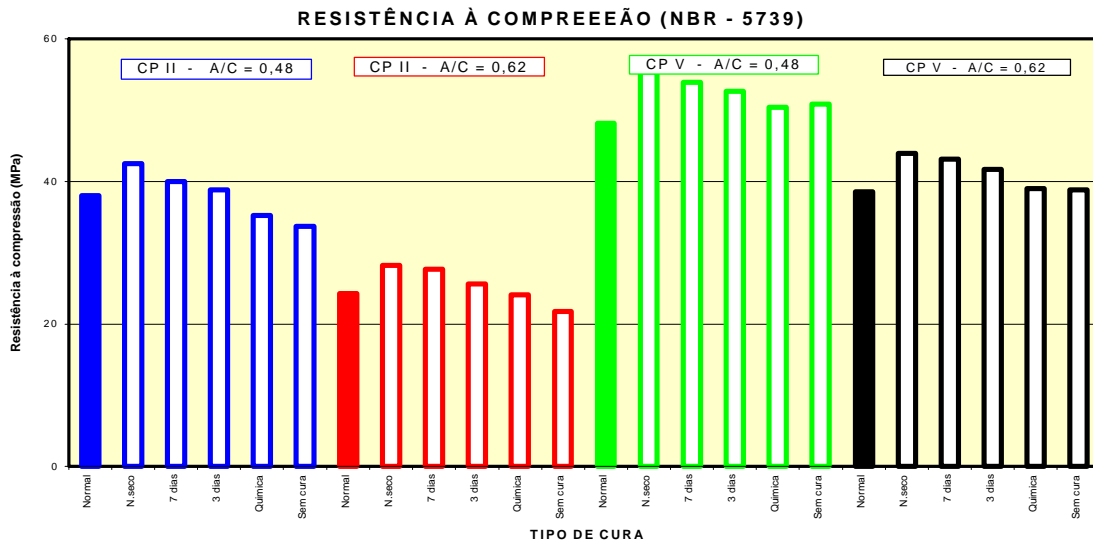
## 4. COMENTÁRIOS

### 4.1. Resistência à compressão simples

Para as quatro dosagens do concreto a sequência em ordem de eficiência de cura é : 28 dias de cura normal, 07 dias de cura normal, 03 dias de cura normal, cura química e sem cura..

Os resultados de resistência à compressão de concretos curados até 07 dias de idade apresentam-se próximos aos submetidos a cura normal (28 dias).

No caso de agente de cura para concreto foi aplicado conforme prática usual de obra, ou seja, o menor consumo possível do agente de cura.



A Figura – 1 mostra a eficiência das várias sistemas de cura adotadas.

**Figura - 1**

**Obs. :** a) A coluna cheia mostra os resultados obtidos com corpos de prova saturados; b) A coluna correspondente à “N. Seco”, mostra os resultados obtidos com corpos de prova submetidos a 28 dias de cura normal e 48 horas submetido a cura ao ar.

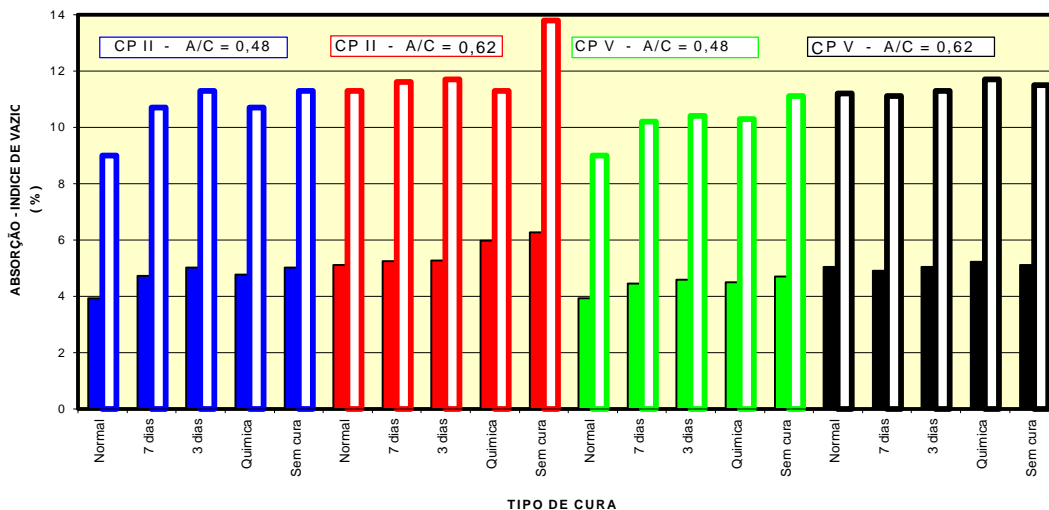
## 4.2. Durabilidade do concreto

### 4.2.1. Absorção e índice de vazios (NBR-9778)

Comparando-se os dois tipo de Cimento Portland utilizados no presente trabalho, o cimento CP V-ARI, para o mesmo fator A/C, apresentam melhores resultados e uniformidade, provavelmente pela maior hidratação nos primeiros dias.

A Figura – 2 mostra comparativamente a influência dos vários sistemas de cura adotadas.

**FIGURA -2 ABSORÇÃO E ÍNDICE DE VAZIO (NBR-9778)**



Observa-se que os traços com emprego de cimento CPV – ARI, apresentam menor influência da cura, e mesmo sem cura não apresentou diferença significativa com relação ao com cura normal.

Com relação ao emprego de cimento CP III, e conseqüentemente com os CP II e CP IV, deverão ser tomados os cuidados referente a cura adequada, principalmente em concreto com alto fator A/C.

FIGURA - 3 PENETRAÇÃO POR CAPILARIDADE (NBR - 9779)

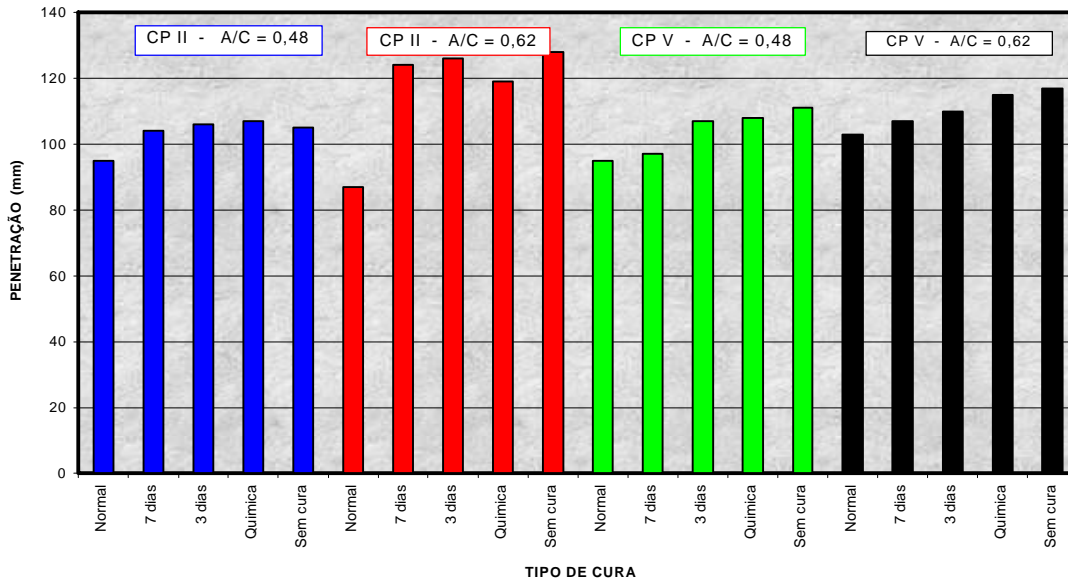
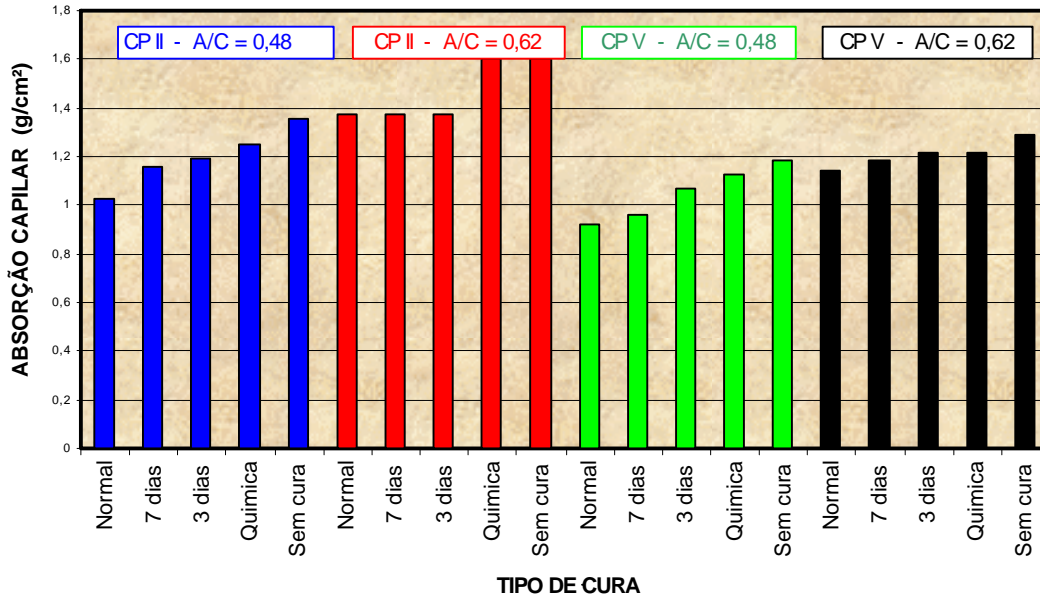


FIGURA - 4 ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE (NBR - 9779)



## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

**5.1.** A cura é um processo mediante o qual mantêm-se um teor de umidade satisfatório, evitando a evaporação de água de mistura, garantindo ainda, uma temperatura favorável ao concreto, durante o processo de hidratação dos materiais aglomerantes, de modo que se possam desenvolver as propriedades desejadas do concreto.

**5.2.** Os resultados obtidos no presente trabalho nos mostram que :

- Com pelo menos 07 dias de cura úmida as propriedades do concreto são satisfatórias.
- As obras comuns de concreto armado (não expostas a mais ambiente agressivo) deveriam receber pelo menos 03 dias de cura úmida.
- A cura química somente apresentará resultados satisfatórios caso o agente de cura seja aplicado obedecendo aos procedimentos recomendados pelo fabricante.
- Concretos preparados com cimento CP V-ARI apresentaram menor influencia de cura com relação ao CP II-E, quanto às características avaliados no presente trabalho, não se esquecendo da retração do concreto.

**5.3.** A cura é essencial para a obtenção de um concreto de boa qualidade. A resistência potencial, bem como, a durabilidade do concreto, somente serão desenvolvidas satisfatoriamente, se a cura for realizada adequadamente, e durante um período de tempo apropriado.

## **[ VII ] Referência Bibliografia**

- 1) Normas ABNT NBR-7680 “Extração Preparo, Ensaio e Analise de Testemunhos de estruturas de concreto.
- 2) Normas ABNT NBR-9778 “Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazio e massa específica”.
- 3) Normas ABNT NBR-9779 “Determinação de absorção por capilaridade”
- 4) Manual técnico da Otto Baumgart e Sika SA
- 5) Concret hand book – Editora ASAKURA - Japão