

## ANÁLISE EXPERIMENTAL DE ABSORÇÃO DE ÁGUA NO CONCRETO COM COMPARATIVO DE TRAÇOS\*

Arthur Henrique AragoniPedroza<sup>1</sup>

Érika Elis Kuo<sup>2</sup>

Willy Ank de Moraes<sup>3</sup>

Marcelo Costa Choukri<sup>4</sup>

Marcio de Moraes Tavares<sup>5</sup>

### Resumo

A relação água-cimento é o fator mais influente para a porosidade do concreto, logo a escolha correta do traço da mistura está diretamente relacionada com esse fator. O controle tecnológico é o fator determinante durante o processo de cura do concreto, pois o mesmo pode evitar problemas relacionados à fissuração do material. Foram então estudados três traços de concreto, através do ensaio de absorção de água por capilaridade, os mesmos foram divididos em dois grupos: o primeiro curado em ambiente normal e o segundo curado em ambiente externo com ações de intempéries. Inicialmente os traços possuíam o mesmo fator água-cimento, fixado em 0,60, todavia durante o processo de fabricação dos concretos, em virtude da presença de diferentes umidades das areias de cada traço, a relação água-cimento foi modificada. Devido essa mudança, o traço que apresentou a menor relação água-cimento, obteve os melhores resultados no ensaio, absorvendo menos água e evidenciando a importância desse fator na porosidade do concreto.

**Palavras-chave:** Fator água-cimento; porosidade; absorção de água.

### EXPERIMENTAL ANALYSIS OF WATER ABSORPTION IN CONCRETE WITH COMPARATIVE OF MIXTURES

#### Abstract

The water-cement ratio is the most influential factor for the porosity of the concrete, so the correct choice of the mix-proportion is directly related to this factor. Technological control is the determining factor during the material curing process, since it can avoid problems related to concrete cracking. Three types of concrete were studied through the capillarity water absorption test, which were divided into two groups: the first one was cured in a normal environment and the other one was cured in an external environment with weathering. At the beginning, the concrete elements had the same water-cement factor, fixed at 0.60, but during the concrete manufacturing process, due to the presence of different sand sands of each trait, the water-cement ratio was modified. Due to this change, the trait that presented the lowest water-cement ratio, obtained the best results in the test, absorbing less water and evidencing the importance of this factor in the porosity of the concrete.

**Keywords:** Water-cement factor; porosity; water absorption.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP-Guarujá), Guarujá, SP, Brasil. E-mail: arthur.aragoni.pedroza@gmail.com.

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP-Guarujá), Guarujá, SP, Brasil. E-mail: erikakuo@hotmail.com.

<sup>3</sup> Doutorando, Mestre, Engenheiro e Técnico em Metalurgia e Materiais, Consultor Técnico na INSPEBRAS, Sócio-Diretor da Willy Ank Soluções Metal-Mecânica, Professor da UNAERP-Guarujá, Guarujá, SP, Brasil. E-mail: wwmorais@unaerp.br.

<sup>4</sup> Arquiteto, Engenheiro Civil, Especialista em concreto, Professor da UNAERP-Guarujá, Guarujá, SP, Brasil. E-mail: mchoukri@unaerp.br.

<sup>5</sup> *Engenheiro Químico, Mestre em Engenharia Mecânica, Doutorando em Engenharia Química, Coord. do Curso de Eng. Civil e de pós graduação em Eng. de Segurança do Trabalho da UNAERP-Guarujá, Guarujá, SP, Brasil. E-mail: mtavares@unaerp.br.*

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material originado da mistura de cimento, agregados e água. Essa combinação resulta em um material poroso, devido às características intrínsecas dos seus componentes e de sua dosagem, conhecida com traço, que é a proporção das matérias-primas utilizadas na sua confecção. Cada traço é dimensionado adequadamente, em função dos diferentes materiais disponíveis, visando obter a resistência requisitada. Esta variação no dimensionamento dos traços do concreto leva a diferentes distribuições de seus poros, sendo que a relação água/cimento é o fator mais influente na porosidade do concreto. Assim, em virtude desses fatores, cada tipo de concreto absorve uma quantidade específica de água [1, 2 e 3].

Durante o processo de cura, quando exposto em condições adversas do meio ambiente, principalmente entre 10 a 40 horas após sua fabricação, o concreto pode desenvolver fissuras. Essa fissuração colabora para a absorção de água no concreto, resultando na perda de resistência deste material e na formação de patologias [4].

A presença de água no concreto, tanto oriunda da sua confecção (“amassamento”) quanto da cura, está diretamente relacionada com a durabilidade do mesmo. A capacidade do concreto de resistir às agressões associadas à penetração de água, influencia na qualidade final do material, logo, a dosagem adequada dos componentes do concreto é essencial para sua fabricação [5].

A capilaridade é a propriedade da água, que pode ocasionar a penetração de água no concreto. Tal propriedade é caracterizada pela tendência que alguns líquidos possuem de se deslocarem em materiais porosos, entre espaços estreitos existentes, ou de subirem e descerem por tubos capilares [6].

Determinadas características particulares do concreto estão relacionadas diretamente com a capacidade de absorção de água, tais como dosagem, permeabilidade, porosidade e relação água/cimento. Assim sendo, a realização de ensaios como os definidos pela ABNT NBR 9779 [7], é essencial para a avaliação e escolha adequada do concreto em relação a sua utilização, garantindo mais qualidade e conseqüentemente durabilidade para os diversos usos do material.

Dentro deste contexto, este trabalho apresenta o resultado do estudo de três traços diferentes de concreto, com resistências projetadas entre 20 a 25 MPa, através do ensaio de absorção de água por capilaridade [7]. Estes traços foram divididos em dois grupos: o primeiro curado em ambiente fechado e o segundo curado em ambiente externo sob a ações de intempéries.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Experimentos

Os experimentos deste trabalho foram executados em corpos de prova moldados de concreto com diferentes traços, com objetivo principal de se analisar a porosidade e permeabilidade do material, pelo ensaio da ABNT NBR 9779 [7]. Para a análise e o comparativo do experimento foram selecionados três traços de concreto, cada qual especificado por um autor diferente, todavia, todos possuíam o mesmo fator água-cimento igual a 0,60. Os traços escolhidos, apresentados na Tabela 1, foram definidos conforme estudos de Silva [8], Roberto [9] e Branco [10]:

- o primeiro traço, designado Silva [8], com proporção de 1:2,10:2,92:0,60; tem uma resistência à compressão prevista de 25 MPa, aos 28 dias de idade.

- o segundo traço, designado Falcão Bauer[9], possui uma proporção de 1:2,42:2,34:0,60 e foi originalmente fornecido pela laboratório de controle tecnológico da Empresa Falcão Bauer e possui uma resistência à compressão prevista de 20 MPa aos 28 dias de idade.
- o terceiro traço, designado Branco [10], com proporção de 1:2,17:2,94:0,61, foi adaptado para ser constituído somente pela brita 1, pois originalmente este seria composto por uma mistura de brita 1 e brita 2. A resistência prevista para este traço deveria ser de 25,4 MPa aos 28 dias de idade.

**Tabela 1.** Proporção das adições empregadas nos traços de concretos avaliados neste trabalho

Materiais adicionados	Traço de Silva [8]		Traço da Falcão Bauer [9]		Traço de Branco [10]	
	kg	%	kg	%	kg	%
Cimento CPIII 40RS	15,00	15,1%	15,00	15,7%	15,00	14,9%
Areia média	31,50	31,7%	36,30	38,1%	32,55	32,3%
Brita nº 1	43,80	44,1%	35,10	36,8%	44,10	43,8%
Água	9,00	9,1%	9,00	9,4%	9,15	9,1%
Total	99,3	100%	95,4	100%	100,8	100%
Relação água/cimento	0,60		0,60		0,61	

Para cada traço foram fabricados 15 corpos de prova (CPs), que foram divididos em dois grupos:

- O primeiro grupo permaneceu na área interna do laboratório da Universidade de Ribeirão Preto, campus Guarujá, conforme ilustrado na Figura 1.a, durante o seu processo de cura no decorrer de 28 dias;
- O segundo grupo permaneceu na área externa do laboratório, durante o processo de cura nos 28 dias, sendo cobertos nos primeiros 21 dias e diretamente expostos, sem cobertura, nos 7 dias restantes, conforme ilustrado na Figura 1.b.



(a)



(b)

**Figura 1.** Aspecto dos corpos de prova (CPs) durante o processo de cura ao longo dos 28 dias (a) CPs protegidos no ambiente interno do laboratório. (b) CPs no ambiente externo, sem cobertura.

Dos 15 CPs de cada traço, 10 foram armazenados em ambiente interno e 5 no ambiente externo, ao longo de sua cura. Metade dos CPs mantidos no ambiente interno (5 CPs) foram empregados para realizar ensaios de absorção de água por

capilaridade, conforme a NBR 9779 [7] e 5 serviram para o ensaio de resistência à compressão axial, segundo a NBR 5739 [11]. No caso dos 5 CPs armazenados no ambiente externo, 3 serviram para o ensaio de absorção de água [7] e 2 serviram para o ensaio de compressão axial [11].

O objetivo de manter os corpos de prova em diferentes ambientes ao longo da sua cura objetivou avaliar o efeito de diferentes condições de exposição no desempenho do material, já que perturbações no processo de cura do concreto podem provocar fissuras [1, 2 e 3]. Sabe-se que tais fissuras prejudicam as características do concreto [4], como sua permeabilidade, já que trincas facilitam a entrada e absorção de água pelo concreto [6].

### 2.1.1 Determinação da absorção de água por capilaridade (NBR 9779 [7])

Para analisar a porosidade e a permeabilidade de cada traço de concreto ensaiado, realizou-se o ensaio da NBR 9779 [7] para determinação da absorção de água por capilaridade. Os equipamentos utilizados para o experimento foram estufa, recipiente, suportes, balança e régua graduada. Devido instrução da NBR 9779 [7], os corpos de provas foram fabricados isentos de óleos ou outros materiais aderidos na moldagem.

O primeiro procedimento realizado no ensaio foi a secagem dos corpos de prova em estufa a 105°C, conforme ilustrado na Figura 2.a, até que os mesmos adquirirem constância de massa. Uma vez secos, os CPs foram retirados da estufa e resfriados ao ar, posteriormente todas as amostras tiveram a sua massa final aferida por uma balança semi analítica com precisão de 0,01 g.



(a)



(b)

**Figura 2.**(a) Aspecto da operação de secagem dos corpos de prova em estufa laboratorial. (b) Marcação dos corpos de prova a 5 mm de uma de suas faces (indicada na foto).

Após o procedimento de secagem e pesagem, aferiu-se o diâmetro ( $\phi$ ) de cada CP com o auxílio de um paquímetro com precisão de 0,05mm. Os CPs preparados para os ensaios de absorção de água ao serem marcados a 5 mm de uma de suas faces, conforme ilustrado na Figura 2.b. Assim, os CPS foram acomodados em um recipiente vedado com uma lâmina d'água, de forma a garantir que o nível d'água



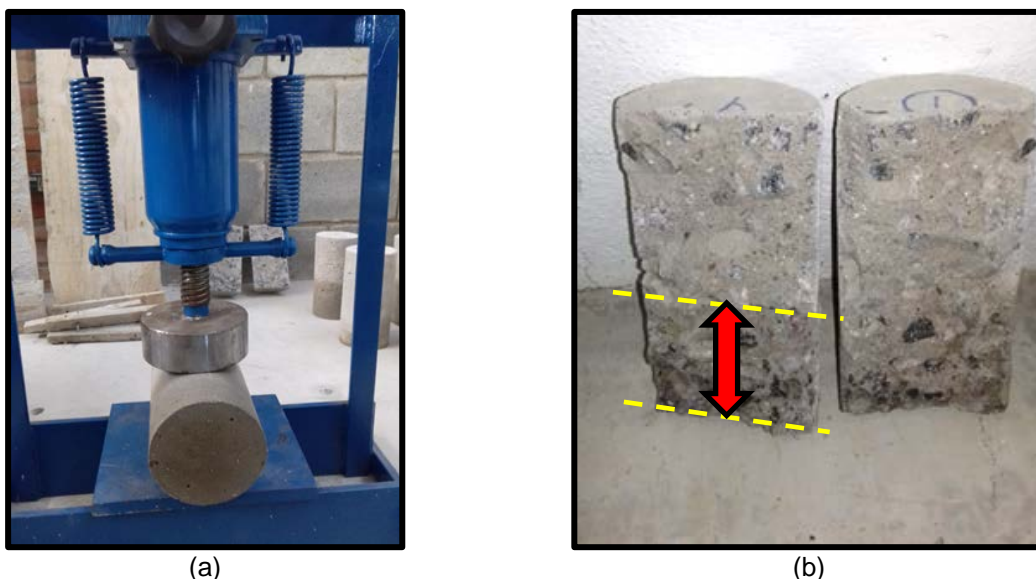
permanecesse constante a 5 mm acima da face, na altura da marca feita em cada CP.

Durante o ensaio foi determinada a massa dos corpos de prova com 3, 6, 24, 48 e 72 h. Antes da pesagem, os CPs tiveram o seu excesso de umidade retirada previamente com o auxílio de um tecido. A Figura 3.a ilustra o aspecto dos CPs após 24 h de contato com os 5 mm de lâmina d'água e a Figura 3.b ilustra a operação de pesagem, sempre executada em uma balança semi analítica com precisão de 0,01 g.



**Figura 3.**(a) Aspecto dos corpos de prova após 24 horas em contato com a água.  
(b) Aferição da massa de um dos CPs após 24 horas em contato com a água.

A última etapa do ensaio foi o rompimento dos corpos de prova, por compressão diametral, operação ilustrada nas Figuras 4.a e 4.b. Com isso, permitiu-se a visualização da distribuição da água em cada CP, aferida através de uma régua graduada empregada para quantificar a altura da ascensão capilar em cada CP, conforme ilustrado na Figura 4.b.



**Figura 4.**(a) Corpo de prova posicionado para rompimento por compressão diametral.  
(b) Visualização da altura de ascensão capilar de um CP após ruptura diametral.

Para determinar a absorção de água por capilaridade em cada CP utilizou-se a equação (1).

$$ABC = \frac{MA - Ms}{S} \quad (1)$$

Sendo:

**ABC** = Absorção de água por capilaridade (g/cm<sup>2</sup>);

**MA** = Massa corpo de prova após 72 horas (g);

**MS** = Massa corpo de prova seco (g) e

**S** = Área da seção do corpo de prova (cm<sup>2</sup>).

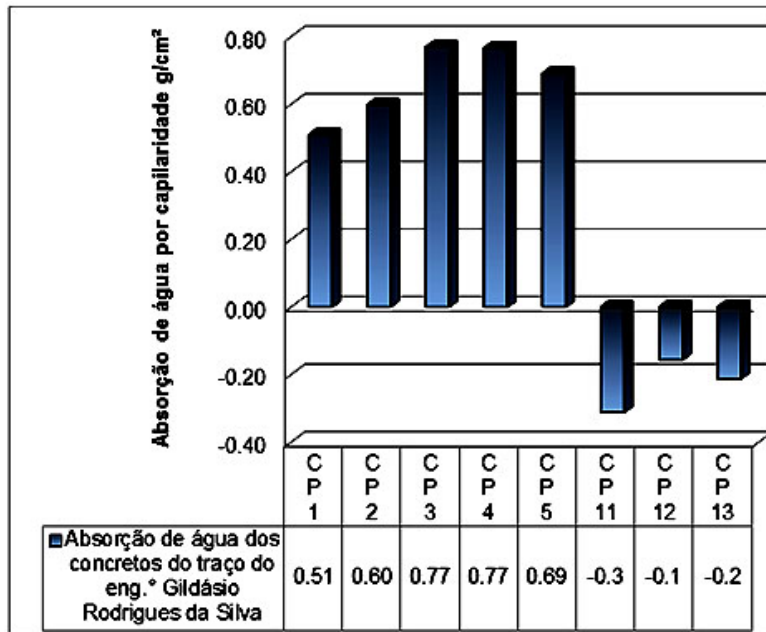
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio da NBR 9779 [7], efetuado aos 30 dias de idade para o traço de Silva [8], no grupo de CPs de concreto curado em condições normais (CPs 1 a 5), levou a uma média de água absorvida de 0,67 g/cm<sup>2</sup>; por outro lado, o grupo dos CPs curados em ambiente externo (CPs 11, 12 e 13) apresentaram uma média negativa de -0,23 g/cm<sup>2</sup>, ou seja, tais amostras perderam água. Esse comportamento pode ser explicado pela grande quantidade de água que os CPs expostos absorveram, pela ação de intempéries (chuva), que foi parcialmente liberada durante o ensaio de capilaridade. Os resultados do ensaio estão apresentados na Tabela 2 e ilustrados na Figura 5.

**Tabela 2.** Dados de absorção de água capilar nos CPs de concreto produzidos pelo traço de Silva [8]

CP	φ(c m)	Área (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Peso seco (g)	3 h - Peso (g)	6 h - Peso (g)	24 h - Peso (g)	48 h - Peso (g)	72 h - Peso (g)	Capilaridade (g/cm <sup>2</sup> )
1	10	78,54	19,5	3522	3535	3540	3555	3560	3562	0,51
2	10	78,54	20	3528	3543	3549	3568	3575	3575	0,60
3	9,8	75,43	20	3548	3561	3570	3594	3603	3606	0,77
4	9,9	76,98	19,8	3522	3538	3545	3568	3577	3581	0,77
5	9,6	72,38	19,8	3500	3511	3518	3540	3547	3550	0,69
11*	9,9	76,98	20	3647	3647	3646	3641	3632	3623	-0,31
12*	9,9	76,98	19,7	3624	3621	3622	3619	3614	3612	-0,16
13*	9,8	75,43	19,8	3648	3648	3648	3644	3639	3632	-0,21

Observação: \* CPs fissurados.



**Figura 5.** Gráfico da absorção de água capilar nos CPs de concreto produzidos pelo traço de Silva [8]

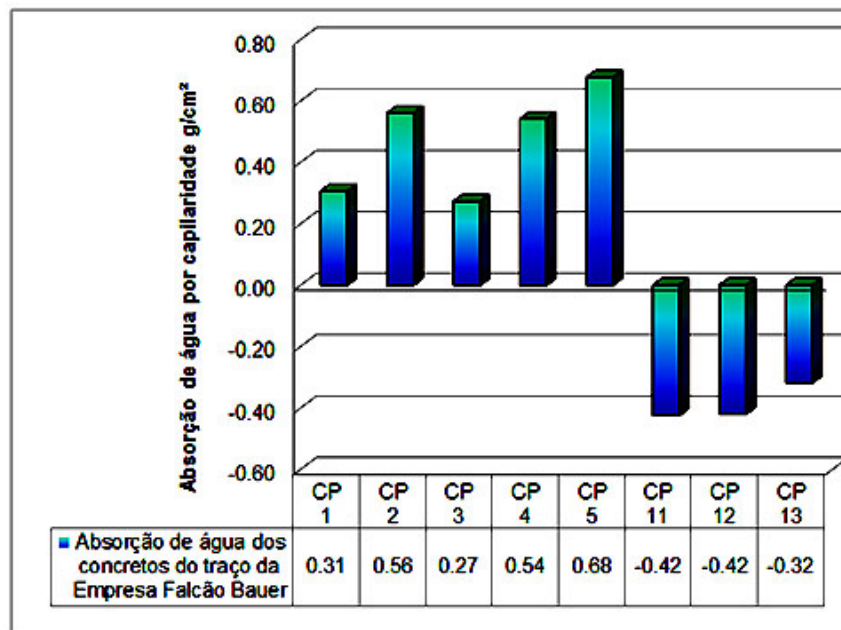
Para o traço Falcão Bauer [9], o ensaio da NBR 9779 [7], efetuado aos 28 dias de idade obteve uma média de água absorvida igual à 0,47 g/cm<sup>2</sup>, para o grupo de concreto curado em condições normais (CPs 1 a 5). Por outro lado, para o grupo de CPs curados em ambiente externo (CPs 11, 12 e 13), também foi obtida uma média negativa para a água absorvida igual à -0,39 g/cm<sup>2</sup>. Portanto, tais amostras também acumularam água no processo de cura, pela ação das intempéries, a exemplo do grupo de CPs do traço de Silva [8], que deixaram tais CPs encharcados de água e no limite de absorção. Os resultados do ensaio estão demonstrados na Tabela 3 e ilustrados pelo gráfico apresentado na Figura 6.

**Tabela 3.** Dados de absorção de água capilar nos CPs de concreto produzidos pelo traço da Empresa Falcão Bauer [9]

CP	Ø (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Peso seco (g)	3 h - Peso (g)	6 h - Peso (g)	24 h - Peso (g)	48 h - Peso (g)	72 h - Peso (g)	Capilaridade (g/cm <sup>2</sup> )
1	10	78,54	19,8	3542	3550	3554	3563	3565	3566	0,31
2	10	78,54	19,6	3504	3515	3520	3539	3547	3548	0,56
3	9,9	76,98	19,7	3439	3445	3449	3457	3460	3460	0,27
4	9,7	73,90	19,7	3480	3489	3495	3511	3519	3520	0,54
5	9,6	72,38	19,7	3464	3472	3477	3498	3508	3513	0,68
11*	9,8	75,43	19,7	3554	3546	3544	3534	3526	3522	-0,42
12*	10	78,54	20	3579	3572	3570	3557	3549	3546	-0,42
13*	9,8	75,43	19,8	3475	3470	3469	3460	3455	3451	-0,32

Observação: \* CPs fissurados.





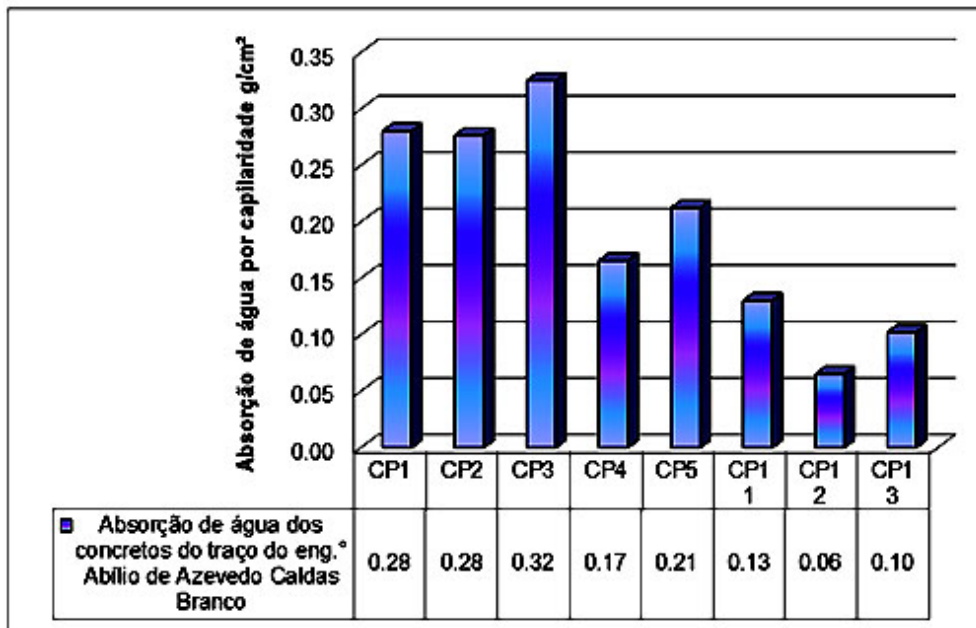
**Figura 6.**Gráfico da absorção de água capilar nos CPs de concreto produzidos pelo traço da Empresa Falcão Bauer [9].

O ensaio de capilaridade pela NBR 9779 [7], efetuado aos 28 dias de idade para os CPs produzidos pelo traço de Branco [10], para o grupo de concreto curado em condições normais (CPs 1 a 5), obteve média de 0,25 g/cm<sup>2</sup> de água absorvida. O grupo de concretos curado em ambiente externo (CPs 11, 12 e 13) obteve média de 0,10 g/cm<sup>2</sup> de água absorvida, logo tais amostras absorveram menos água, apesar de terem sido expostos à mesma ação de intempéries que os CPs de Silva [8] e da Falcão Bauer [9] foram expostos. Os resultados do ensaio estão demonstrados na Tabela 4 e ilustrados no gráfico da Figura 7.

**Tabela 4.**Dados de absorção de água capilar nos CPs de concreto produzidos pelo traço de Branco [10].

CP	Ø (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Peso seco (g)	3 h - Peso (g)	6 h - Peso (g)	24 h - Peso (g)	48 h - Peso (g)	72 h - Peso (g)	Capilaridade (g/cm <sup>2</sup> )
1	10	78,54	19,8	3522	3530	3533	3540	3543	3544	0,28
2	9,6	72,38	19,3	3389	3399	3401	3406	3408	3409	0,28
3	9,9	76,98	20,2	3495	3505	3508	3515	3521	3520	0,32
4	10	78,54	19,6	3420	3426	3426	3431	3433	3433	0,17
5	9,8	75,43	19,2	3351	3357	3358	3362	3366	3367	0,21
11*	9,9	76,98	19,7	3532	3538	3538	3541	3542	3542	0,13
12*	9,9	76,98	19,7	3504	3510	3510	3512	3512	3509	0,06
13*	10	78,54	20	3559	3568	3568	3569	3568	3567	0,10

Observação: \* CPs fissurados.



**Figura 7.**Gráfico da absorção de água capilar nos CPs de concreto produzidos pelo traço da Empresa Falcão Bauer [9].

A Tabela 5 apresenta a ascensão capilar resultante dos corpos de prova de cada traço [8, 9 e 10] avaliado neste trabalho. Todos os CPs que foram submetidos ao ambiente externo (CPs 11, 12 e 13) apresentaram uma ascensão máxima. Contrariamente, os demais CPs, que foram mantidos em ambiente interno, apresentaram variações no valor alcançado pela água ascendida devido à capilaridade presente.

A média da ascensão capilar dos corpos de prova curados em condições normais (CPs 1 a 5), para os traços Silva [8], Falcão Bauer [9] e Branco [10] foram, respectivamente: 10,7; 8,4 e 6,4 cm. Corpos de prova fissurados, devido à exposição das intempéries, apresentaram ascensão capilar total (100%). Este resultado está associado às condições de exposição dos concretos durante o período de cura, pois os mesmos sofreram com a ação de intempéries.

**Tabela 5.**Resultados da ascensão capilar nos CPs ensaiados em função do tipo de traço empregado

CP	Traço de Silva [8]			Traço da Falcão Bauer [9]			Traço de Branco [10]		
	Altura (cm)	Ascensão Capilar		Altura (cm)	Ascensão Capilar		Altura (cm)	Ascensão Capilar	
		(cm)	%		(cm)	%		(cm)	%
1	19,5	9,3	47,7%	19,8	8,5	42,9%	19,8	6,7	33,8%
2	20	9,7	48,5%	19,6	8,6	43,9%	19,3	6,5	33,7%
3	20	12	60,0%	19,7	5,9**	29,9%**	20,2	7,1	35,1%
4	19,8	12,5	63,1%	19,7	9,2	46,7%	19,6	5,5	28,1%
5	19,8	10,2	51,5%	19,7	10	50,8%	19,2	6	31,3%
11*	20	20	100,0%	19,7	19,7	100,0%	19,7	19,7	100,0%
12*	19,7	19,7	100,0%	20	20	100,0%	19,7	19,7	100,0%
13*	19,8	19,8	100,0%	19,8	19,8	100,0%	20	20	100,0%

Observação: \* CPs fissurados. \*\* Resultado anômalo (*outlier*).

Para avaliar mais corretamente os resultados, empregou-se a distribuição estatística de Weibulltriparamétrica, já utilizada com sucesso pelos autores em outros trabalhos [12]. Esta distribuição pode ser descrita pela equação (2):

$$P(x) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{x - x_u}{x_0} \right)^m \right] \quad (2)$$

Sendo:

$x_0$  é o fator de escala, que é o valor característico da distribuição (%ascensão típica);  $m$  é o parâmetro de forma da distribuição (grau de agrupamento dos dados) e  $x_u$  é chamado parâmetro de localização, representando o menor valor característico da ascensão nas amostras (%).

Neste caso, como o número de amostras é pequeno ( $< 10$ ), adotou-se o cálculo de probabilidade de Bernard [12], definido pela equação (3):

$$P(x) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (3)$$

Sendo:

$P(x)$  = Probabilidade de ocorrência da variável  $x$ ;

$i$  = número sequencial da amostra (ordenadas em valores crescentes) e

$n$  = número total de amostras.

Os resultados da avaliação estatística de Weibull, empregando-se os dados de ascensão capilar obtidos (Tab. 5), estão apresentados na Tabela 6. Um dos CPs do traço da Falcão Bauer (CP 3) apresentou um resultado anômalo, observado durante a etapa de obtenção dos parâmetros da equação (2), devida à Weibull. Por isso, o resultado deste CP foi desconsiderado nesta análise (*outlier*). Acredita-se que esta anomalia esteja associada a flutuações nas condições experimentais, provavelmente devido ao armazenamento. A causa para esta anomalia será investigada posteriormente.

Em termos dos resultados da análise via estatística de Weibull, os dados da Tabela 6 ilustram que as amostras os traços devidos a Silva [8] e a Falcão Bauer [9] apresentam valores de ascensão caracteristicamente similares, tanto em dispersão (valores de  $m$ ), quanto na faixa dos resultados esperados (valores de  $x_u$  e  $x_0$ ) e nos valores médios de ascensão, representados pelos valores do parâmetro (ascensão) com 50% de probabilidade de ocorrência ( $x_{50}$ ). Os resultados obtidos apontaram que estes dois traços [8 e 9] apresentariam uma ascensão média de 45 a 51% da altura dos CPs.

**Tabela 6.** Parâmetros da equação de Weibull (2) calculados a partir dos resultados da ascensão capilar aferidos nos CPs analisados neste trabalho.

Tipo de traço	n	$x_0$ (%)	m	$x_u$ (%)	$x_{50}$ (%)	$R^2$
Silva [8]	5	6,59	0,556	47,5	50,9	0,974
Falcão Bauer [9]*	4	3,78	0,714	42,6	44,9	0,994
Branco [10]	5	33,7	11,31	0,00	32,7	0,949

Observação:  $R^2$  coeficiente de correlação de Pearson.  $x_{50}$  valor para uma probabilidade de 50% (similar à média) \* Não foi empregado o resultado anômalo (*outlier*) indicado na Tabela 5.

A grande diferença ocorreu no traço devido a Branco [10], que apresentou um comportamento diferenciado em relação às outras duas amostras, inclusive gerando uma distribuição de Weibull biparamétrica, devido ao valor de  $x_u$  obtido nulo. Estas

também foram as amostras que apresentaram os resultados mais consistentes entre sim, conforme apontado pelo parâmetro de forma da distribuição ( $m$ ). Pelo que pode ser observado na Tabela 1 e conforme compilado na Tabela 7, as diferenças entre os traços deveriam ser pequenas em termos das relações entre seus componentes ao cimento empregado com uma relação entre água/cimento ligeiramente maior no traço de Branco [10], que deu o melhor resultado para ascensão capilar.

**Tabela 7.** Relações entre os materiais adicionados em relação ao cimento empregado na fabricação dos três traços analisados neste trabalho

Relações	Silva [8]	Falcão Bauer [9]	Branco [10]
Areia/cimento	210,0%	242,0%	217,0%
Brita/cimento	292,0%	234,0%	294,0%
Água/cimento	60,00%	60,00%	61,00%

A explicação para a diferenciação no comportamento do traço de Branco [10] está associada à própria preparação dos traços. Inicialmente os traços deveriam possuir praticamente a mesma relação água cimento (60%), conforme definido na Tab. 1 e mostrado na Tab. 7. Porém não houve a correção dos traços no momento da fabricação, em virtude do teor de umidade da areia, que foi considerada igual entre os agregados (areia e brita). Porém, verificou-se posteriormente que a relação água cimento mudou devido a variações na umidade presente na areia, de modo que:

- Silva [8], ficou com 80%;
- Falcão Bauer [9] ficou com 82% e
- Branco [10] ficou com 71%.

A bibliografia aponta que um concreto com uma relação água/cimento menor é menos poroso, logo como o traço de Branco [10] têm essa relação menor, tornou-se menos poroso e assim absorveu menos água. Além de ter absorvido menos água, o comportamento deste verificado pela estatística de Weibull também apontou que tal concreto realmente possui algum fator de diferenciação significativa com os outros dois traços, conforme ilustrado pelos dados da Tab. 6. Isso reforça o papel da relação água/cimento do traço de Branco [10] (71%), bem diferenciada da relação dos outros dois traços (81% em média).

#### 4 CONCLUSÃO

Em virtude da proposta do trabalho, em analisar a influência das condições de cura e verificar a absorção de água do concreto, conclui-se que o concreto quando exposto a ação de agentes externos (vento e chuva) durante o processo de cura, perde resistência à compressão axial e também absorve água até o seu limite (encharcamento) no decorrer dessa exposição. Quanto à porosidade, o fator água-cimento é a propriedade mais influente, visto que o traço de Branco [10] de menor fator água-cimento (71%), foi o traço que absorveu menos água e também apresentou um comportamento diferenciado, segundo a distribuição estatística de Weibull.

Similares, em um segundo plano, a relação entre os agregados e a mistura também influenciam na porosidade do concreto, visto que o traço de Bauer [9] absorveu menos água que Silva [8], mesmo possuindo uma relação água-cimento de 2% a

mais, tal fato ocorreu devido à distribuição dos agregados na mistura, em razão de que o traço de Bauer[9] possuía uma quantidade de agregado miúdo (areia) maior que de agregado graúdo (brita), tornando-o mais coeso.

## Agradecimentos

Os autores agradecem especialmente ao técnico Diego de Araújo da Costa, Auxiliar de Ensino no Centro Tecnológico da UNAERP-Guarujá, pela desenvoltura no apoio às atividades executadas no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2018. Disponível em:<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/75/anexo/2relac.pdf>>. Acesso em 13 de janeiro de 2018.
- 2 FUSCO, Péricles Brasiliense. Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados. Pini. São Paulo, 2008
- 3 MONTOYA, Pedro Jiménez; MESEGUER, Álvaro García; CABRÉ, Francisco Morán. Hormigón armado. Gustavo Gili, 2000
- 4 LEONHARDT, FRITZ. Construções de Concreto. Verificação da Capacidade de Utilização. Vol.4. Editora Interciência, 2012.
- 5 SOUZA, Vicente Custodio Moreira; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. Pini. São Paulo, 1998.
- 6 CARDOSO, M, Ano. “Capilaridade”; Info Escola. Disponível em:<<http://www.infoescola.com/fisica/capilaridade/>>. Acesso em 28 de setembro de 2016.
- 7 ABNT NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade - Procedimento. Rio de Janeiro, 1995.
- 8 SILVA, Gildásio Rodrigues Da. Manual de Traços de Concreto. Edição Solivro. Rio de Janeiro, 1975.
- 9 ROBERTO, Rodrigo Coelho. Ensaio de abatimento e compressão axial de concreto com fosfogesso como agregado miúdo. Dissertação de Mestrado. Universidade Santa Cecília, 2017. p. 41-42.
- 10 BRANCO, Abílio de Azevedo Caldas. Concreto Dosagem em “peso” ou volume. 1967.
- 11 ABNT NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2018.
- 12 MORAIS, Willy Ank; FONSECA, E. S.; TAVARES, F. G. Associação entre a morfologia de trincas de pisos cerâmicos e seu comportamento mecânico em fratura. Cerâmica (São Paulo. Impresso), v. 61, p. 303-308, 2015.