

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE INCORPORAÇÃO DE DISTINTOS ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES EM PLACAS DE CONCRETO EXPOSTAS A CICLOS HIGROTÉRMICOS

Flávia Maria Westrup (1), Elaine G. Pavei Antunes (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) [flavia\\_westrup@hotmail.com](mailto:flavia_westrup@hotmail.com), (2) [elainegpa@unesc.net](mailto:elainegpa@unesc.net)

## RESUMO

A impermeabilização é uma técnica antiga que consiste no uso ou na aplicação de produtos com o propósito de proteger as construções contra a ação do tempo, no que se refere à água. Este trabalho tem como objetivo avaliar a estanqueidade de placas de concreto com incorporação de aditivos impermeabilizantes, após exposição à variação de temperatura e teor de umidade. Para tal, faz-se o uso de três distintos aditivos líquidos impermeabilizantes, aditivo à base de resina natural, aditivo à base de ácidos graxos, e aditivo à base ácido oleico e silicato de sódio. Adicionados ao concreto fresco durante o processo de mistura, formam um sistema de proteção do concreto contra a passagem da água ou umidade para o interior da estrutura. Foram moldados doze corpos de prova cilíndricos, para verificação da resistência à compressão axial, e vinte e quatro placas de concreto, compostos de cimento, agregados, água e aditivos. As placas foram expostas a ciclos higrotérmicos e, após foram submetidas a ensaios de verificação de estanqueidade. Observou-se no ensaio de resistência à compressão axial, que a adição dos impermeabilizantes não alterou a resistência do concreto. Todavia, nos ensaios de absorção percebeu-se que os aditivos impermeabilizantes alteraram a permeabilidade do concreto ao passarem por ciclos higrotérmicos.

*Palavras-chave:* Impermeabilização. Placas de concreto. Aditivos Impermeabilizantes.

## 1. INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto não perduram para sempre, elas se deterioram com o passar do tempo e não alcançam sua vida útil se não são bem projetadas e executadas, utilizadas com critério e, finalmente, submetidas a uma manutenção preventiva (SOUZA; RIPPER, 1998).

“Aumentar a vida útil, de maneira geral, mostra-se uma boa solução em longo prazo para a preservação de recursos naturais, redução de impactos, economia de energia e prolongamento do potencial de extração das reservas naturais” (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011).

A impermeabilização é indispensável na construção civil, pois influencia diretamente a qualidade e durabilidade das edificações. De acordo com a ABNT NBR 9575:2010, o sistema de impermeabilização pode ser definido como o produto de componentes e serviços que objetivam proteger as construções contra a passagem de fluidos de vapores e da umidade.

A vida útil de uma construção depende de um eficiente sistema de impermeabilização e, que se executado no início da obra, tem um custo aproximado de 2 a 3% do total do empreendimento. No entanto, a ausência da impermeabilização pode acarretar num custo de até 50% a fim de repararem-se os problemas patológicos nas edificações (MARINHO, 2016). Portanto, trata-se de conhecimento disseminado que fazer a impermeabilização durante a obra é mais fácil e econômico que executá-la posteriormente, quando surgirem os inevitáveis problemas com a umidade.

Segundo (Hussein, 2013), “as patologias que surgem do excesso de umidade estão em grande número presentes nas construções, e que, os gastos são muito maiores para implantação dos sistemas de impermeabilização depois dos danos formados, do que previamente”.

Conforme Thomaz (1998), os materiais e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura e higroscópicas, sazonais e diárias. O mesmo autor, afirma ainda, que a quantidade de água absorvida se origina, principalmente, de dois fatores: porosidade e capilaridade. As mudanças higroscópicas ocasionam alterações nas dimensões dos materiais porosos e com o aumento da umidade repercutem em movimentações de dilatação e retração, que ocasionam tensões que podem provocar a manifestação de fissuras.

A ABNT NBR 15.575:2013, quanto à impermeabilização, institui requisitos a serem atendidos pelas edificações, incluindo métodos de avaliação de desempenho. No item 1 “Requisitos Gerais”, a norma estabelece que a edificação deve ser estanque das fontes de umidades externas, provenientes da água da chuva e da umidade do solo e do lençol freático. E, para tal, a ABNT NBR 15.575:2013 p. 22 complementa:

[...] estanqueidade à água, de suma importância não só para evitar processos deletérios dos materiais e componentes (lixiviação, corrosão etc), mas, sobretudo para evitar proliferação de fungos, doenças respiratórias e outros. As exigências de estanqueidade à água englobam umidade ascendente do solo, percolação de umidade entre ambientes internos da edificação e infiltrações de água de chuva.

A fim de aumentar-se a qualidade, durabilidade e, por conseguinte, atender o desempenho das edificações é inerente à presença de um projeto de impermeabilização adequado. O projeto do sistema de impermeabilização deve trazer o planejamento de execução e promover a escolha adequada do tipo de impermeabilização a ser utilizada.

Segundo a ABNT NBR 9575: 2010, o projeto de impermeabilização consiste em um conjunto de informações que determinam as soluções de forma a atender às exigências de desempenho em relação à estanqueidade.

A ABNT NBR 9575: 2010 (Impermeabilização – Seleção e Projeto) classifica os tipos de impermeabilização, segundo o material constituinte principal da camada impermeável, em cimentícios, asfálticos e poliméricos. Incluso na classificação dos cimentícios estão às argamassas com aditivo impermeabilizante.

No mercado atual, existem diversos tipos de produtos com o intuito de impermeabilizar as edificações, cada um utilizado para cada etapa da obra. Divididos em dois grupos: rígidos e flexíveis. Os rígidos são empregados em elementos enterrados, como fundação, poço de elevador, piscinas e caixas d'água, destacam-se argamassas impermeabilizantes, cimentos poliméricos e cristalizantes. Os aditivos impermeabilizantes são adicionados à argamassa ou ao concreto com finalidade de melhorar as propriedades de seu funcionamento.

“Os impermeabilizantes rígidos são vendidos como argamassas industrializadas, produtos bi-componentes ou como aditivos químicos para argamassa ou concreto. Esses produtos incorporam-se à estrutura protegida e, com uma cura adequada, apresentam baixa porosidade e grande estanqueidade” (MATERIAIS E FERRAMENTAS, 2012).

Nesse contexto esse trabalho tem como objetivo avaliar a estanqueidade de placas de concreto com incorporação de aditivos impermeabilizantes, após exposição à variação de temperatura e teor de umidade.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para facilitar o entendimento e visualização, codificaram-se os aditivos, placas e os corpos de prova de acordo com o tipo de aditivo utilizado. O aditivo, por exemplo, com composição química à base de resina natural é chamado de ARN (Aditivo Resina Natural), a placa e o corpo de prova com inserção desse aditivo foram

nomeados como PARN (Placa Aditivo Resina Natural) e CPARN (Corpo de Prova Aditivo Resina Natural), respectivamente. A Tabela 1 apresenta a nomenclatura adotada aos aditivos.

Tabela 1 – Codificação dos aditivos

Codificação dos Aditivos	Descrição
ARN	Aditivo à base de resina natural
AAG	Aditivo à base de ácidos graxos
AAOSS	Aditivo à base ácido oleico e silicato de sódio

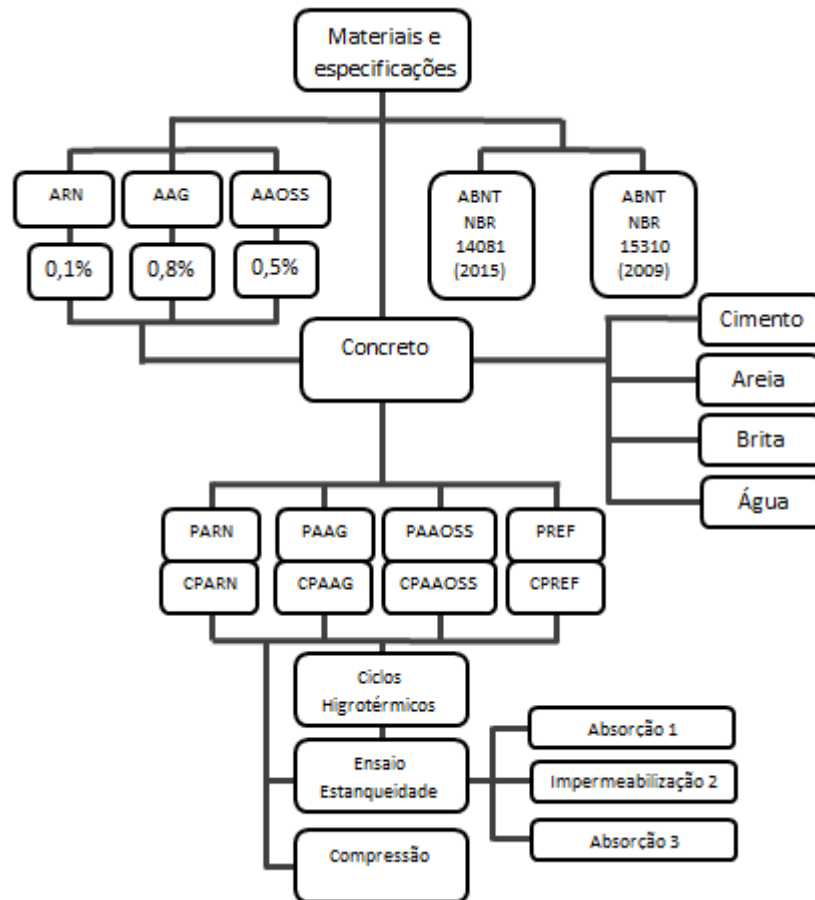
Fonte: Autora, 2017.

Esta pesquisa foi baseada em uma análise exploratória e se dividiu em sete etapas, que foram:

- a) Escolha dos aditivos impermeabilizantes e estudo das ABNT NBR 14081:2015 e ABNT NBR 15310:2009 acerca dos ensaios de impermeabilização e absorção dos componentes de concreto;
- b) Caracterização e/ou especificação dos componentes do concreto (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água), além da especificação das características físico-químicas dos aditivos;
- c) Definição dos percentuais de adição dos distintos aditivos, conforme as especificações do fabricante;
- d) Confecção das placas de concreto e dos respectivos corpos de prova;
- e) Exposição das placas de concreto aos ciclos higrotérmicos;
- f) Execução dos ensaios de absorção e impermeabilidade;
- g) Análise dos resultados.

Na Figura 1, segue o Fluxograma das etapas mencionadas.

Figura 1 - Fluxograma



Fonte: Autora, 2017.

## 2.1 MATERIAIS

### 2.1.1 Aditivos

O aditivo ARN, aditivo à base de resina natural, trata-se de um aditivo capaz de impermeabilizar o concreto por hidrofugação, sem comprometer a sua resistência, conforme informação repassada pelo fabricante. A dosagem especificada é de 0,1 litros do aditivo impermeabilizante para cada 50 kg de cimento Portland.

O aditivo à base de ácidos graxos, AAG, refere-se a um impermeabilizante capaz de reduzir a permeabilidade e absorção por capilaridade, tornando a superfície aplicada impermeável à penetração de água e umidade, além de melhorar a trabalhabilidade do concreto, segundo informações repassadas pelo fabricante. O consumo para

produzir-se um concreto mais impermeável é de 0,8 litros do aditivo impermeabilizante para cada 50 kg de cimento Portland.

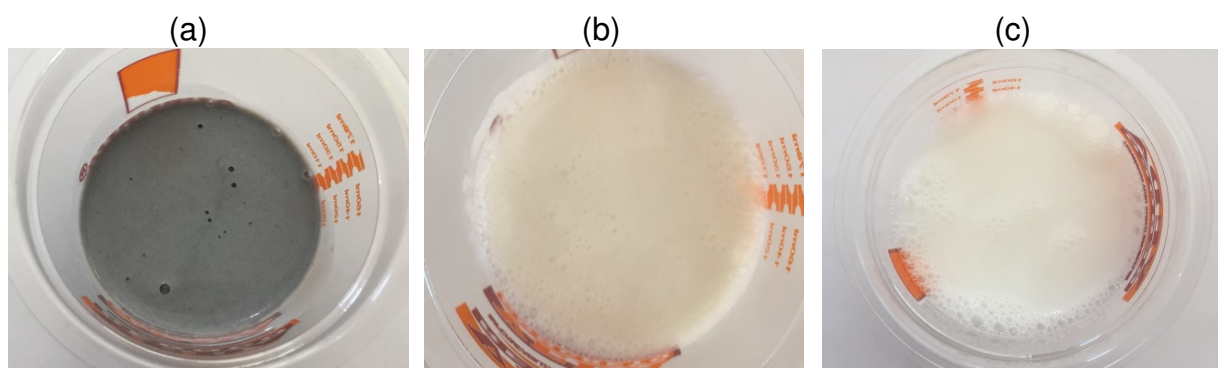
O aditivo à base de ácido oleico e silicato de sódio (AAOSS) trata-se de um aditivo redutor de permeabilidade para concretos e argamassas, que age por hidrofugação do sistema capilar e permite a respiração dos materiais. O consumo indicado é de 0,5 litros do aditivo a cada 50 kg de cimento. A Tabela 2 apresenta as características físico-químicas, conforme as especificações dos fabricantes, sendo que, a Figura 2 (a), 2(b) e 2 (c) apresentam, sequencialmente, os aditivos ARN, AAG e o AAOSS.

Tabela 2 – Características físico-químicas dos aditivos

Característica	ARN	AAG	AAOSS
<b>Aspecto físico</b>	Líquido	Líquido	Líquido
<b>Cor</b>	Cinza	Branco	Branco
<b>pH</b>	10,0 a 25	7,5 a 9,0	12 a 13
<b>Densidade</b>	1,02 g/cm <sup>3</sup>	1,00 a 1,05 g/cm <sup>3</sup>	1,05 g/ml
<b>Composição Básica</b>	À base de resina natural de pinus elliotti e resina natural extraída da araucária angustifólia, estearatos, espessantes e emulsionantes.	À base de ácidos graxos, emulsionantes, oleatos, espessantes e água. Não contém cloretos.	À base Ácido Oleico e Silicato de Sódio.
<b>Solubilidade</b>	Totalmente solúvel em água	Solúvel em água	Solúvel em água

Fonte: Do Fabricante, 2017

Figura 2 - Aditivos – ARN (a); AAG (b); AAOSS (c).



Fonte: Autora, 2017.

### 2.1.2 Concreto

O cimento Portland empregado trata-se do composto com pozolana (CP-II-Z), classe 32. O agregado miúdo utilizado refere-se a areia lavada média de dimensão máxima característica de 2,4 mm e o agregado graúdo brita 0, com dimensão máxima característica de 4,8 mm.

A água adicionada no concreto seguiu as especificações da ABNT NBR 15900-1: 2009 (Água para amassamento do concreto).

O traço de referência, para execução das placas, seguiu as prescrições da ABNT NBR 14081-2: 2015, que propõe um fator a/c (água/cimento) inferior a 0,50 e a quantidade mínima de cimento mínima de 300 kg/m<sup>3</sup> de concreto. A Tabela 3 apresenta os traços e os percentuais de adição dos distintos aditivos em cada placa.

Tabela 3 – Composição dos traços

Placas	Descrição	Quantidade de amostras	Traço (c:a:b:a/c)	Percentual de adição de aditivos (%)
PREF	Placa referencial	6	1:2,6:1,3:0,5	0
PARN	Placa aditivo à base de resina natural	6	1:2,6:1,3:0,5	0,1
PAAG	Placa aditivo à base de ácidos graxos	6	1:2,6:1,3:0,5	0,8
PAAOSS	Placa aditivo à base ácido oleico e silicato de sódio	6	1:2,6:1,3:0,5	0,5

Fonte: Autora, 2017.

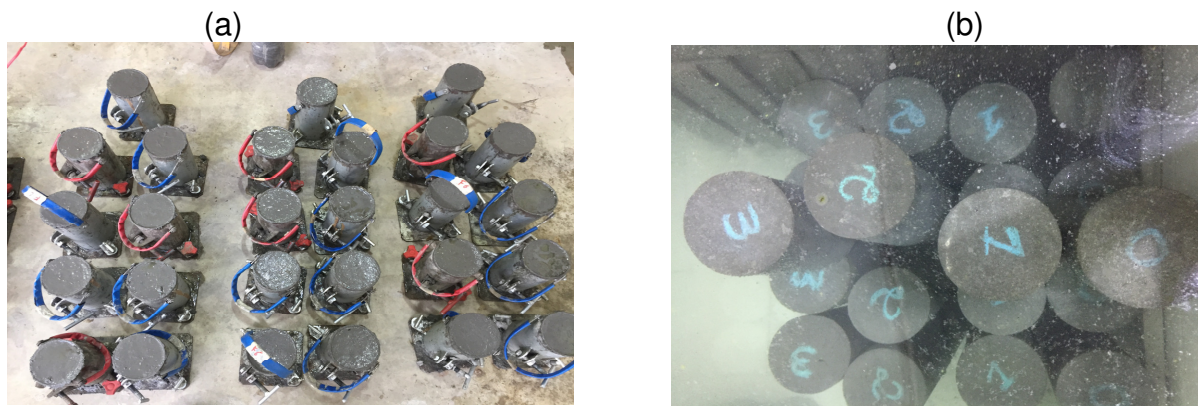
## 2.2 MÉTODOS

Todos os experimentos neste trabalho foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC, localizado no Iparque – Parque Científico e Tecnológico da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

### 2.2.1 Moldagem dos corpos de prova e placas de concreto

Foram executados doze corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm, conforme especifica a ABNT NBR 5738:2015, e vinte e quatro placas de concreto, sendo três para cada traço. A cura desses materiais foi realizada em tanque saturado em cal, segundo a ABNT NBR 5738:2015. A Figura 3 apresenta os corpos de prova moldados, Figura 3 (a) e em cura, Figura 3 (b).

Figura 3 – Corpos de prova cilíndricos moldados (a); Corpos de prova em tanque de cura (b).



Fonte: Autora, 2017.

Para a composição das fôrmas das placas, foram utilizadas madeira de chapa resinada compensada com espessura de 6 mm, parafusada, este último com o intuito de facilitar a desfôrma. Posteriormente, na parte interna da fôrma executou-se uma pintura de tinta a óleo, a fim de que não houvesse perda de água do concreto para o molde. As dimensões das placas foram definidas com base na ABNT NBR 14081-2: 2015, portanto, o molde das placas tinha dimensões internas de 25 cm x 50 cm e 20 mm de espessura cm. A Figura 4 (a) apresenta uma visualização interna da fôrma e a Figura 4 (b) as fôrmas preenchidas com os distintos concretos

Figura 4 – Fôrma de madeira de chapa resinada compensada com a pintura (a); Placas de concreto moldadas na fôrma (b).



Fonte: Autora, 2017.

### **2.2.2 Determinação da Resistência à Compressão Axial**

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados conforme a norma ABNT NBR 5739:2007, a fim de mostrar as características do concreto utilizado, para determinação da resistência a compressão aos 28 dias, e utilizados três corpos de provas de cada traço.

### **2.2.3 Ciclos higrotérmicos**

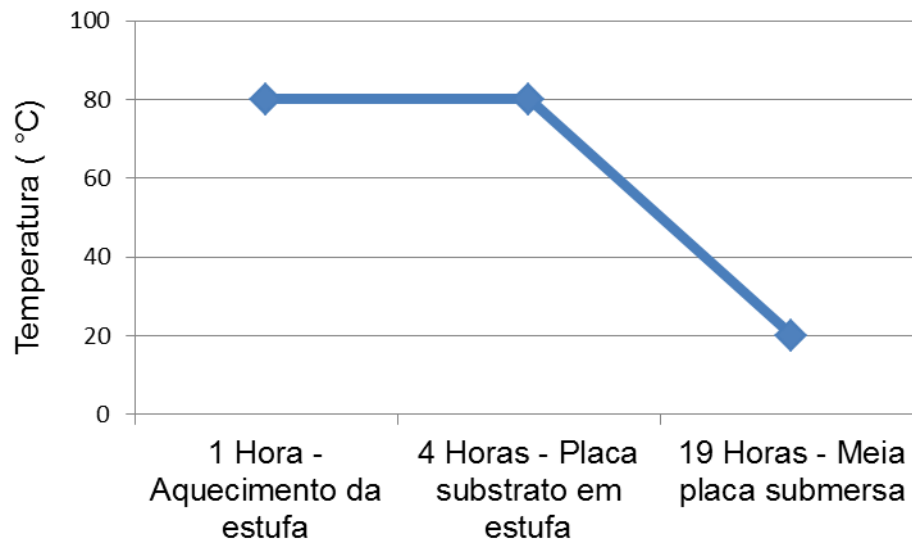
O teste exploratório refere-se à execução de choques térmicos, em doze placas de concreto, decorrentes de variações bruscas de temperatura e de umidade. As outras 12 placas não sofreram variações térmicas e servem como referência para balizar os resultados das placas com exposição aos choques térmicos. O estudo foi composto por métodos de ciclos múltiplos (fadiga térmica), em que as placas foram submetidas à oscilação de aquecimento e resfriamento bruscos.

Este ensaio trata-se de uma adaptação do Anexo E, com o título “verificação do comportamento do SVVE exposto à ação de calor e choque térmico”, repassado pela ABNT NBR 15575-4: 2013 (Edificações habitacionais — Desempenho).

A duração dos choques decorreu em cinco ciclos de 24 horas, sendo na primeira hora o aquecimento da estufa, em seguida, a placa introduzida na estufa com aproximadamente 80 °C, pelo período de quatro horas, e após, inserida ao tanque de água, com somente meia placa submersa, com temperatura em torno de 20 °C, pelo período restante de dezenove horas. Em conformidade com o propósito de realizar um choque térmico na amostra, fez-se interessante inserir somente uma das faces em contato com a água.

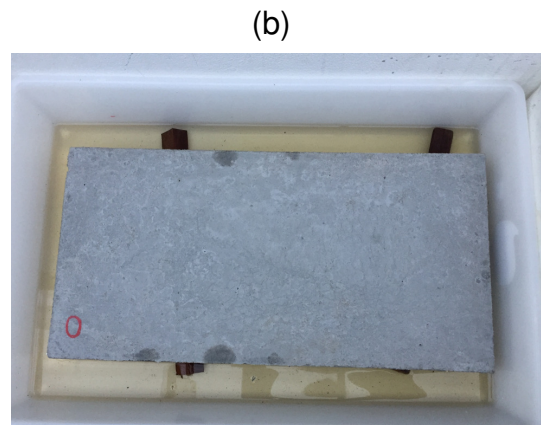
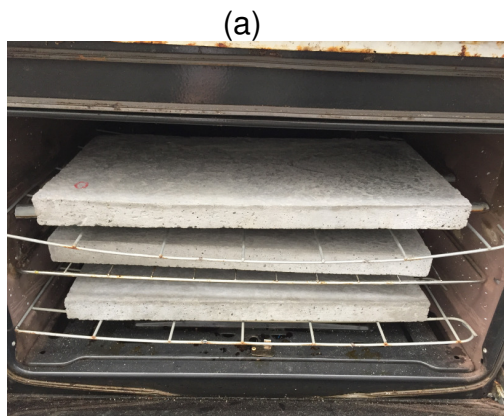
A Figura 5 apresenta em forma de gráfico o ciclo executado. Na Figura 6, pode se verificar as placas dentro da estufa, e com uma das faces em água.

Figura 5 – Ciclo higrotérmico no período de 24 horas.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 6 – Placas dentro da estufa (a); Placa com uma das faces submersa no tanque (b).



Fonte: Autora, 2017.

## 2.2.4 Avaliação de Impermeabilidade

Os ensaios realizados, a fim de avaliar a impermeabilidade das distintas placas de concreto, foram baseados nas normas ABNT NBR 15310-2: 2009 (Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio) e ABNT NBR 14081-2: 2015 (Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios).

Foram realizados três ensaios para a verificação da permeabilidade dos componentes, como demonstra a Tabela 4:

Tabela 4 - Execução dos ensaios de impermeabilidade

Ensaio	Norma referencial	Etapas	Execução do ensaio	Análise dos resultados
AVALIAÇÃO 1	ABNT NBR 15310:2009 (Componentes cerâmicos - Telhas)	1	Pesar a placa (M1)	$H = (M2 - M3)/M3 \cdot 100$
		2	Placa imersa em água durante 24 horas	
		3	Pesar novamente (M2)	
		4	Secar em estufa (105 °C ± 5 °C)	
		5	Após 1 h pesar novamente (M3)	
AVALIAÇÃO 2	ABNT NBR 15310:2009 (Componentes cerâmicos - Telhas)	1	Colocar a placa sobre o molde	A presença de marcas de água na superfície do espelho
		2	Selar as extremidades	
		3	Preencher com água até a superfície	
		4	Repor água se necessário	
		5	Período de 24 horas	
AVALIAÇÃO 3	ABNT NBR 14081:2015 (Execução do substrato-padrão)	1	Fixar três colunas	Registrar o volume absorvido após 4 horas
		2	Selar as extremidades	
		3	Distanciadas entre si com 15 cm	
		4	Introduzir água nas colunas	

Fonte: Autora, 2017.

O primeiro ensaio de avaliação de impermeabilidade, chamado de Avaliação 1, trata-se de um ensaio de absorção e foi realizado conforme as diretrizes da ABNT NBR 15310:2009. A Figura 7 apresenta a execução do ensaio, sendo que a Figura 7 (a) demonstra a pesagem das placas e a Figura 7 (b) as placas na estufa, a fim da secagem completa.

Figura 7 – Pesagem das placas de concreto (a); Placas de concreto em secagem na estufa (b).

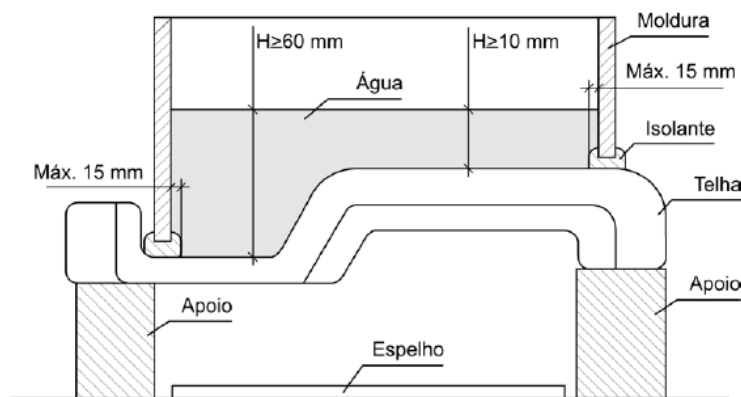


Fonte: Autora, 2017.

#### 2.5.5.2 Impermeabilidade 2:

Para esse ensaio, foi confeccionado dois moldes, composto por chapas e cantoneiras de ferro. Essa moldura baseou-se na ABNT NBR 15310-2: 2009, como expõe a Figura 8.

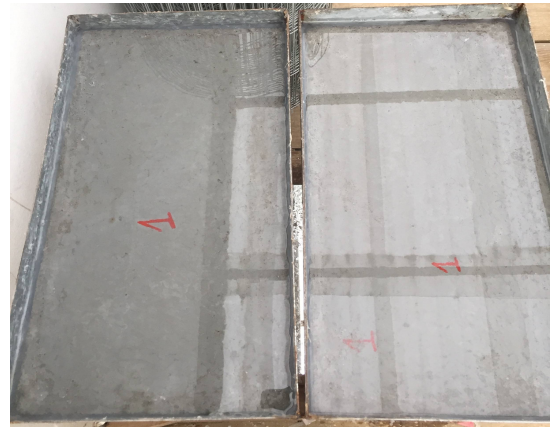
Figura 8 - Moldura para avaliação da impermeabilidade de telhas cerâmicas



Fonte: ABNT NBR 15310-2, Anexo B, 2009.

Nessa avaliação verificou-se a impermeabilidade das placas, examinando sua capacidade de passagem de água por seu interior. Através da Figura 9 visualiza-se uma placa de concreto com a lâmina d'água sobre a placa, devidamente selada nas extremidades.

Figura 9 – Parte superior do molde



Fonte: Autora, 2017.

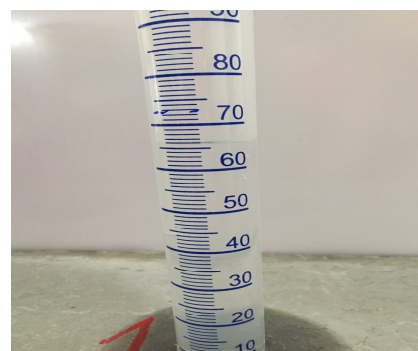
Fundamentado na ABNT NBR 14081:2015 (Execução do substrato-padrão), a Avaliação 3 examina o volume de água absorvido pelas placas de concreto, após o período de quatro horas. Para tal, utiliza-se uma coluna de água (proveta) de material polipropileno graduada, nas dimensões equivalentes ao indicado por norma. É importante mencionar que a proveta, exatamente como especificada pela ABNT NBR 14081:2015, não foi encontrada, portanto utilizou-se um similar. A Figura 10 (a) demonstra a disposição das três provetas com água inserida e a Figura 10 (b) uma única proveta, posterior à realização do teste.

Figura 10 - Provetas fixadas com selantes na placa de concreto (a); Proveta após a realização do teste (b).

(a)



(b)



Fonte: Autora, 2017.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise estatística da influência dos aditivos impermeabilizantes em todos os ensaios, aplicou-se o procedimento de comparação da Análise de Variância (ANOVA), com  $P_{value} < 0,05$ . A fim de avaliar se existe diferença significativa entre os grupos de amostras estudados.

#### 3.1 RESULTADOS DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL

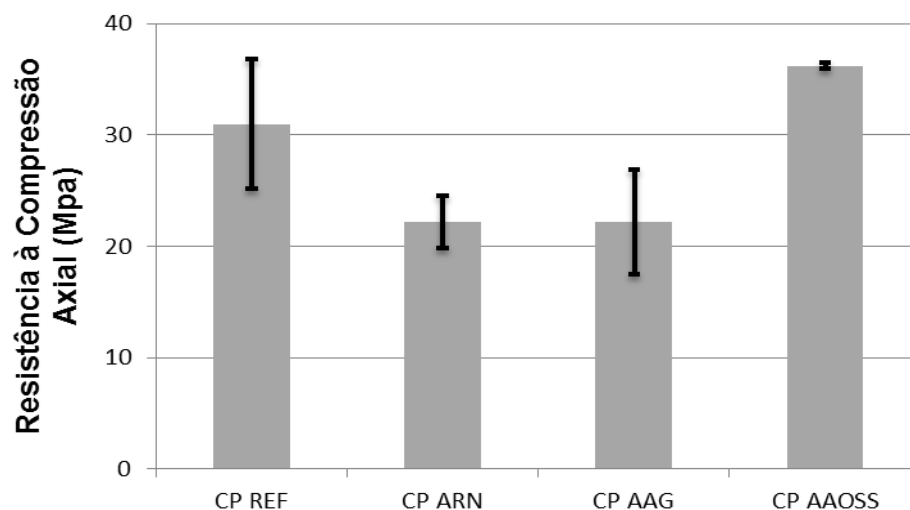
A Tabela 5 aponta os resultados dos corpos de prova submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial e a Figura 11 os resultados em gráfico.

Tabela 5 - Resultados da resistência à compressão axial

Grupos	Corpo de prova	Resistência	Média	Desvio Padrão
CP REF	1	32,5	30,99	5,83
	2	35,9		
	3	24,6		
CP ARN	1	22,6	22,22	2,344
	2	19,7		
	3	24,4		
CP AAG	1	21,8	22,14	4,692
	2	17,6		
	3	27,0		
CP AAOSS	1	36,1	36,21	0,2694
	2	36,5		
	3	36,0		

Fonte: Autora, 2017.

Figura 11 – Resultados de resistência à compressão axial



Fonte: Autora, 2017.

A avaliação com base na ANOVA revelou que os resultados de resistência à compressão nos copos de prova, não obtiveram diferença com o uso dos aditivos impermeabilizantes em relação ao de referência. Ou seja, os aditivos impermeabilizantes não influenciaram positivamente, bem como, não prejudicaram a resistência à compressão do concreto.

Com base em uma análise isolada, percebe-se, que houve uma redução da média de resistência dos AAG e do ARN em relação ao concreto de referência e um aumento do AAOSS. No entanto, verifica-se que os desvios padrões dos traços REF, AAG e do ARN são grandes e explicam o motivo de estatisticamente a resistência a compressão não serem consideradas diferentes entre os grupos.

## 3.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE IMPERMEABILIDADE

### 3.2.1 AVALIAÇÃO 1

A Tabela 6 apresenta os valores obtidos desse ensaio, em que M1 corresponde à massa seca, M2 à massa submersa, e M3 à massa seca em estufa.

Tabela 6 – Valores das massas das placas (CONTINUA)

Grupo de placas	Sem ciclos higrotérmicos				Com ciclos higrotérmicos				
	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M2 - M3 (g)	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M2 - M3 (g)	
PREF	A	9101,0	9330,3	9155,8	174,5	9309,3	9506,1	9327,5	178,6
	B	9315,4	9449,4	8318,7	1130,7*	9764,3	9934,2	9762,3	171,9
	C	8676,1	8800,8	8666,4	134,4	9161,2	9410,1	9203,2	206,9
		Média			154,5	Média			185,8
	Desvio Padrão			28,4				18,6	
PARN	D	8612,1	8841,7	8696,0	145,7	9797,1	10000,2	9852,9	147,3
	E	10003,9	10040,0	10018,0	22,0	8761,2	9925,8	8779,3	1146,5*
	F	9251,9	9354,4	9254,2	100,2	8411,7	8630,9	8444,4	186,5
		Média			89,3	Média			166,9
	Desvio Padrão			62,6				27,7	

Tabela 6 – Valores das massas das placas

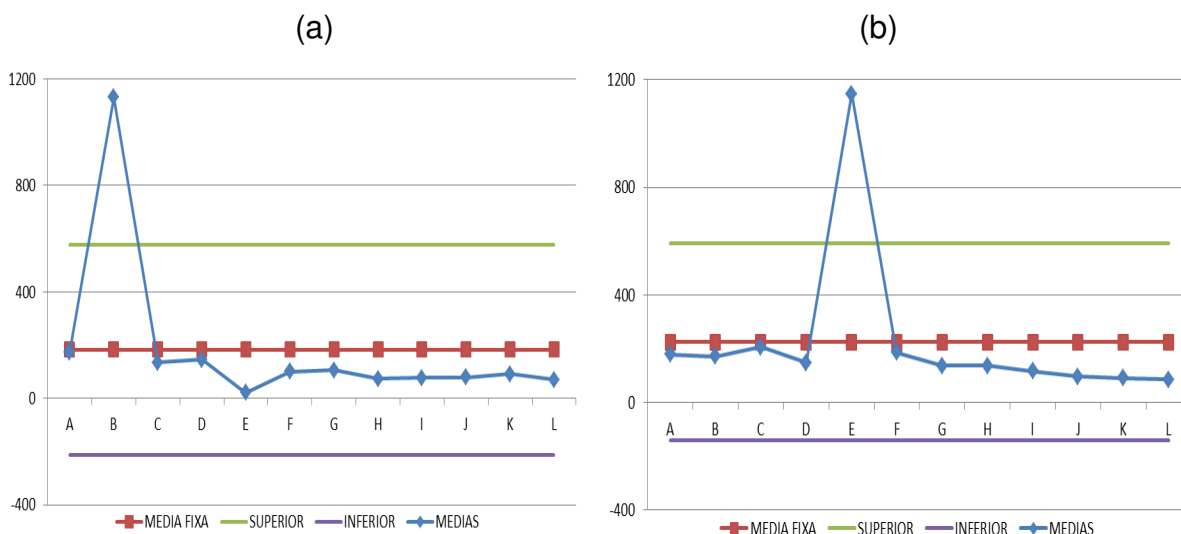
(CONTINUAÇÃO)

Grupo de placas	Sem ciclos higrotérmicos				Com ciclos higrotérmicos					
	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M2 - M3 (g)	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M2 - M3 (g)		
PAAG	G	8986,5	9170,2	9065,0	105,2	8773,0	9035,0	8897,7	137,3	
	H	8764,1	8858,7	8784,4	74,3	9675,0	9910,8	9774,5	136,3	
	I	9083,3	9176,3	9098,5	77,8	8694,8	8880,4	8763,8	116,6	
	Média				85,8	Média				130,1
	Desvio Padrão				16,9					11,7
PAAOSS	J	9731,5	9888,8	9809,5	79,3	9635,8	9870,2	9773,8	96,4	
	K	9373,2	9621,2	9529,4	91,8	9021,1	9220,0	9128,4	91,6	
	L	9340,5	9461,7	9391,9	69,8	9802,0	10033,0	9947,6	85,4	
	Média				80,3	Média				91,1
	Desvio Padrão				11,0					5,50
Média Fixa				183,8	Média Fixa				143,5	

Fonte: Autora, 2017.

Para que a análise dos dados desse ensaio forneça 95% de confiabilidade, foi utilizado o critério de Chauvenet, onde se elimina no teste estatístico, os resultados discrepantes que distorcem o valor da média para cima e para baixo. De forma que os valores com limite superior, ou seja, a média mais duas vezes o desvio padrão, e o limite inferior, a média menos duas vezes o desvio padrão, sejam excluídos do estudo. Os itens com asterisco (\*) na Tabela 6 referem-se aos valores excluídos, conforme critério de Chauvenet. A Figura 12 demonstra a relação das médias.

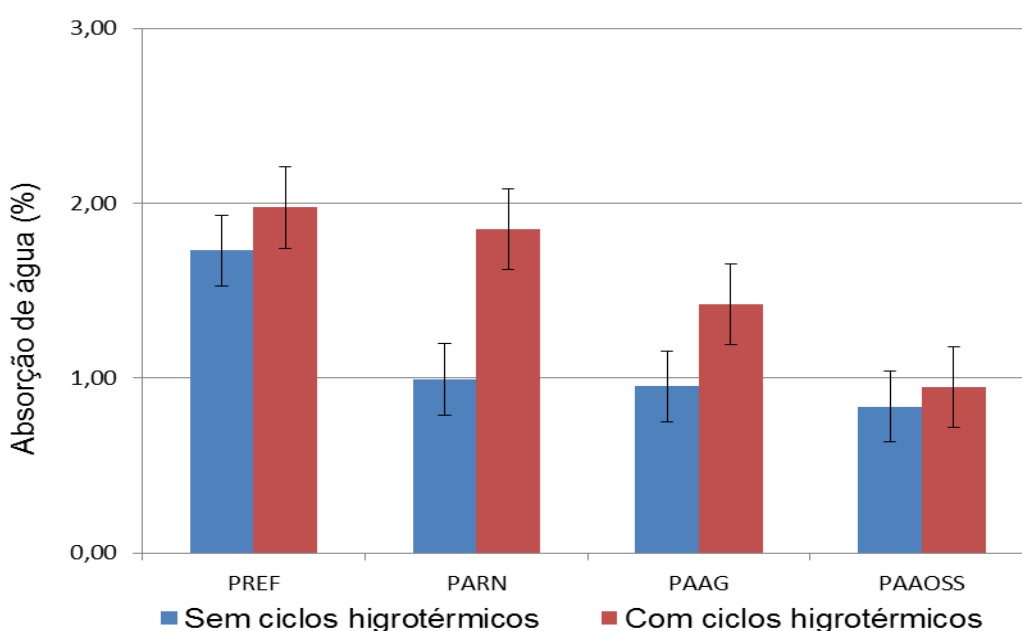
Figura 12 - Médias calculadas para placas sem ciclos higrotêmicos (a); Médias calculadas para placas com ciclos higrotêmicos (b).



Fonte: Autora, 2017.

Conforme pode ser visualizado na Figura 12 percebe-se dois resultados que não se adequaram as condições de Chauvenet, a placa B, do grupo PREF sem ciclos higrotêmicos, e a placa E do grupo PARN com ciclos. Logo, para o cálculo de absorção, foram excluídas esses dois respectivos valores. O Figura 13 apresenta as médias percentuais de absorção das placas de concreto.

Figura 13 – Valores médios de absorção de água em cada grupo



Fonte: Autora, 2017.

Nesse teste constatou-se, segundo a ANOVA, que o grupo PAAG foi o único que obteve aumento médio de absorção de água em seu interior, ao passar pelos ciclos, com o valor de 51,63 %. Os grupos PREF, PARN, e PAAOSS, concluiu-se que a aplicação dos choques térmicos não interferiu em suas absorções.

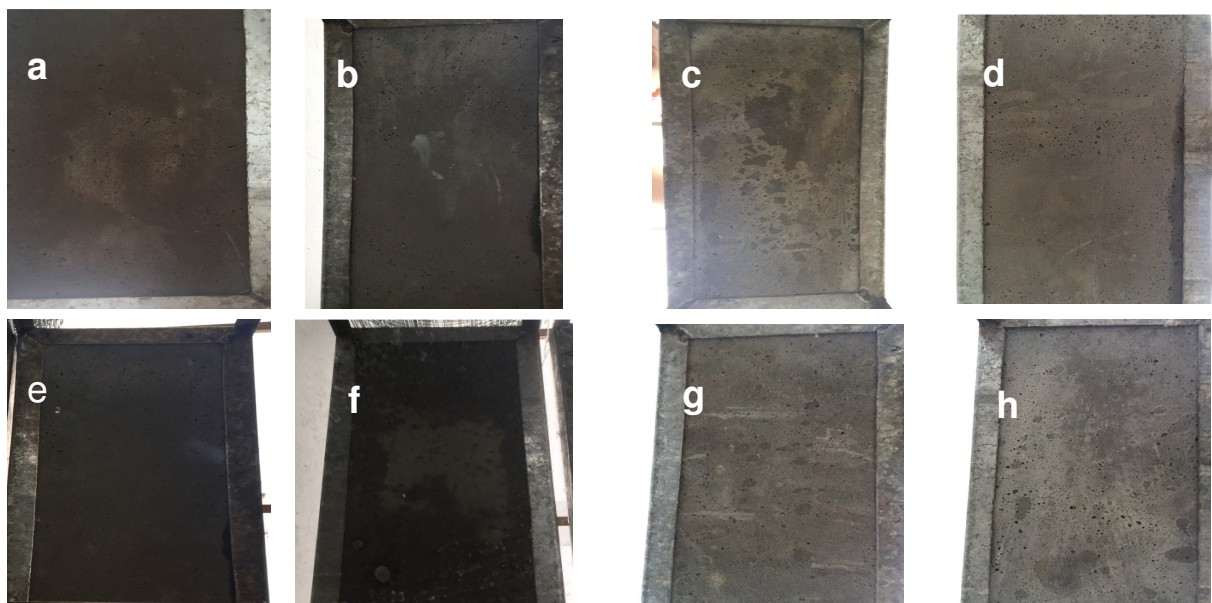
A respeito do desempenho dos aditivos impermeabilizantes, verificou-se que as placas de concreto PAAOSS, que não foram influenciadas, estatisticamente, pelos choques térmicos e higroscópicos, pois mesmo após as oscilações reduziram em média 52,00 %, com relação ao grupo de placas que não possuíam aditivos em sua composição.

No entanto, o grupo de placas que obtiveram ciclos higrotérmicos, reduziram somente as placas PAG, com 29,97% médio de absorção de água em relação às referenciais, e as PAAOSS com 50,97%.

### 3.2.2 Avaliação 2

Nesse ensaio as placas de concreto que apresentaram marcas de água na superfície do espelho, foram às mesmas amostras que expuseram maiores valores de absorção no teste anterior, ou seja, a placa B do grupo PREF sem ciclos higrotérmicos e a placa E, amostras PARN com ciclos, como mostra a figura 14.

Figura 14 – Lado inferior das placas. Grupos PREF, PARN, PAAG e PAAOSS, sem ciclos (a), (b), (c) e (d); e com ciclos (e), (f), (g) e (h), respectivamente.



Fonte: Autora, 2017.

Essa associação pode ter sucedido pela possível ocorrência do concreto das placas possuírem maior porosidade capilar, expondo maior facilidade na passagem da lâmina de água.

“No concreto, as características dos poros do cimento hidratado são um tanto diferentes das argamassas, devido à influência das partículas dos agregados graúdos sobre a pasta de cimento ao seu redor” (NEVILLE, 2016).

Ainda, segundo Neville (2016), a permeabilidade do concreto também é influenciada pelas propriedades do cimento, ou seja, a secagem da pasta de cimento aumenta sua permeabilidade, pois a retração pode causar ruptura do gel entre os capilares, proporcionando novas passagens para a água.

### 3.2.3 Avaliação 3

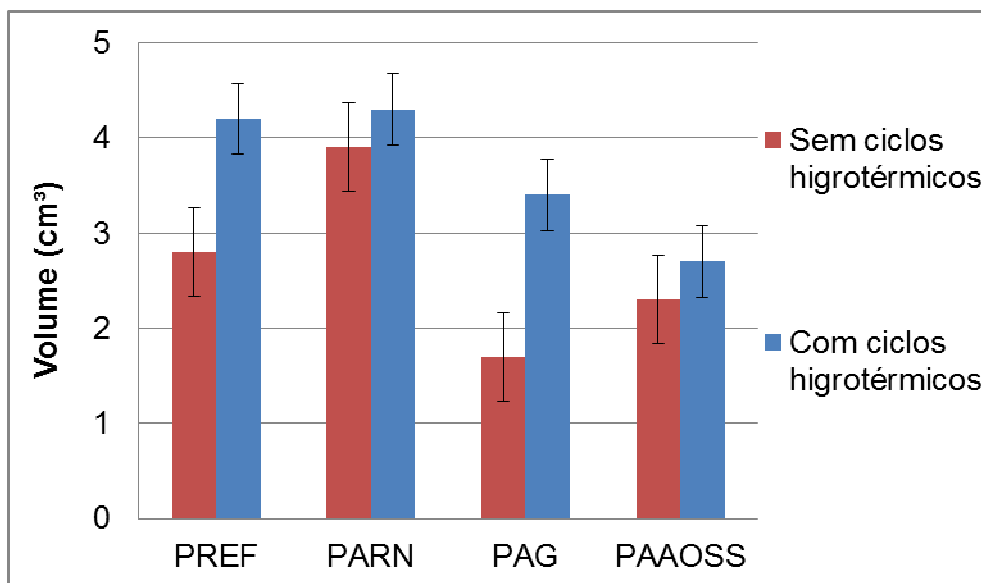
A Tabela 7 apresenta os resultados dos volumes de água absorvidos pelas placas foram expressos e a Figura 15, os valores medianos do volume de água absorvido em forma gráfica.

Tabela 7 – Resultados dos volumes de absorção de água das placas

Grupo de placas		Sem ciclos higrotérmicos	Com ciclos higrotérmicos
		Média das provetas (cm <sup>3</sup> )	Média das provetas (cm <sup>3</sup> )
PREF	A	2,7	4,0
	B	3,0	5,3
	C	2,7	3,3
	Média	2,8	4,2
	Sd	0,2	1,0
PARN	D	5,0	4,3
	E	5,3	6,0
	F	1,3	2,7
	Média	3,9	4,3
	Sd	2,2	1,7
PAG	G	3,0	4,0
	H	1,3	4,0
	I	0,7	2,3
	Média	1,7	3,4
	Sd	1,2	1,0
PAAOSS	J	3,7	2,3
	K	2,3	2,7
	L	1,0	3,0
	Média	2,3	2,7
	Sd	1,3	0,3

Fonte: Autora, 2017.

Figura 15 – Resultados em volume ( $\text{cm}^3$ ) de cada grupo de amostras.



Fonte: Autora, 2017.

Conforme a análise estatística utilizada, os resultados não diferenciaram entre as amostras que receberam ciclos higrotérmicos, em relação às que não tiveram esses ciclos.

Similarmente, foi possível comprovar que as placas PARN, PAG e PAAOSS não alteraram o valor médio de absorção de água comparando com as amostras de concreto de referência. E que as variações higrotérmicas, estatisticamente, não influenciaram os resultados de absorção.

No entanto, com base em uma análise isolada, percebe-se, que houve um aumento do volume de água absorvido após os ciclos higrotérmicos em todos os traços, inclusive no de REF. Tal fato, pode ser justificado devido as movimentações higrotérmicas terem originado microfissuras e, portanto, ampliado a absorção por capilaridade.

#### 4. CONCLUSÃO

Com a execução dos ensaios e a análise dos resultados, foi possível concluir:

- A utilização dos aditivos impermeabilizantes não influenciou na resistência a compressão axial do concreto.
- No primeiro ensaio de absorção, constatou-se que o grupo PAAG foi o único que obteve aumento médio de absorção de água ao passar pelos ciclos.

- O uso de aditivos impermeabilizantes reduziu em média a absorção das placas de concreto PAAOSS, que não obteve variações de temperatura, e as PAAG e PAAOSS, que obtiveram, com relação ao grupo de placas referenciais.
- No terceiro e último ensaio de absorção de água, verificou-se que o emprego de variações higrotérmicas não alterou a absorção das amostras.
- Similarmente, foi possível comprovar que as placas com aditivos impermeabilizantes não alteraram o valor médio de absorção de água comparando com as amostras de concreto de referência.
- Com base nos ensaios realizados, reforça-se o estudo de que a fase de impermeabilização é fundamental em uma construção, pois o objetivo é evitar surgimento de patologias futuras.

#### Sugestão para trabalhos futuros:

- Sugerem-se mais estudos que auxiliem na técnica de execução da prevenção e da orientação de surgimento de patologias, pois são necessários mais estudos sobre a estanqueidade, a fim de orientar a melhor maneira para evitar futuros problemas. Além de fazer uma comparação dos produtos impermeabilizantes, levando em conta os locais de aplicação.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Impermeabilização – Seleção e Projeto**: NBR 9575. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações habitacionais — Desempenho**: NBR 15575. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Água para amassamento do concreto**: NBR 15900. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**: NBR 5738. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio**: NBR 15310-2. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 2: Execução do substrato padrão e aplicação da argamassa para ensaios**: NBR 14081-2. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**: NBR 5738. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**: NBR 5739. Rio de Janeiro, 2007.

HUSSEIN, Jasmim S. M. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão - PR**. 2013. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

MARINHO, Renan. **A importância dos sistemas de impermeabilização e suas principais técnicas**. 2016. Disponível em: <<https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2016/02/02/a-importancia-dos-sistemas-de-impermeabilizacao-e-suas-principais-tecnicas/>>. Acesso em: 26 maio 2017.

**MATERIAIS E FERRAMENTAS: Conhecendo os impermeabilizantes**. São Paulo: Pini, v. 44, fev. 2012.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; ANDRADE, Jairo José de Oliveira; HELENE, Paulo. Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto : ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 22.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**. São Paulo: Pini Ltda, 1998. 245 p.



THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: IPT, 1998. 194 p.