

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, (2) 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, tais aditivos 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 depois 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, 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, a fim de repararem-se os problemas patológicos nas edificações, superior ao da construção (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 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. Os impermeabilizantes rígidos são empregados em elementos enterrados tais como fundação, poço de elevador, piscinas e caixas d'água, destacando-se as 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” (FERREIRA, 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 foi 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. Foi adotado o prefixo P para “placa de concreto” e CP para

“corpo de prova” nos nomes dos aditivos empregados. 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

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

1. Escolha dos aditivos impermeabilizantes e estudo das normas ABNT NBR 14081:2015 e ABNT NBR 15310:2009 acerca dos ensaios de impermeabilização e absorção dos componentes de concreto;
2. Caracterização e/ou especificação dos componentes do concreto (cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água), além da especificação das características físico-químicas dos aditivos;
3. Definição dos percentuais de adição dos distintos aditivos, conforme as especificações do fabricante;
4. Confecção das placas de concreto e dos respectivos corpos de prova;
5. Exposição das placas de concreto aos ciclos higrotérmicos;
6. Execução dos ensaios de absorção e impermeabilidade;
7. Análise dos resultados.

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 se produzir um concreto 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 dos aditivos ARN, AAG e o AAOSS, conforme as especificações dos fabricantes.

Tabela 2 – Características físico-químicas dos aditivos. Fonte: Do Fabricante (2017).

Característica	ARN	AAG	AAOSS
Aspecto físico	Líquido	Líquido	Líquido
Cor	Cinza	Branco	Branco
pH	10,0 a 25	7,5 a 9,0	12 a 13
Densidade	1,02 g/cm ³	1,00 a 1,05 g/cm ³	1,05 g/ml
Composição Básica	À base de resina natural de pinus elliotti e resina natural extraída da araucária angustifolia, 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.
Solubilidade	Totalmente solúvel em água	Solúvel em água	Solúvel em água

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 à areia lavada média com dimensão máxima característica de 2,4 mm e o agregado graúdo refere-se à 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 uma quantidade mínima de cimento de 300 kg/m³ de concreto. A placa elaborada com o traço de referência foi denominada PREF e servirá de comparação na análise dos resultados obtidos com traços com adições de impermeabilizantes. A Tabela 3

apresenta os traços e os percentuais de adição dos diferentes aditivos utilizados neste trabalho em cada placa.

Tabela 3 – Composição dos traços das placas de concreto.

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

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.

Para a composição das fôrmas das placas, foram utilizadas madeiras de chapa resinada compensadas com espessura de 6 mm e parafusadas 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 25cm x 50cm e 20 mm de espessura.

2.2.2 Determinação da Resistência à Compressão Axial

A fim de mostrar as características do concreto utilizado, ensaios de resistência à compressão foram realizados, conforme a norma ABNT NBR 5739:2007. Para

determinação da resistência a compressão aos 28 dias, foram 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 serviram 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 foi introduzida na estufa com aproximadamente 80°C por um período de quatro horas e, após isso, inserida ao tanque de água, com somente meia placa submersa, a uma 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 necessário colocar somente uma das faces da placa em contato com a água. A Figura 2 ilustra o ciclo higrotérmico no período de 24 horas.

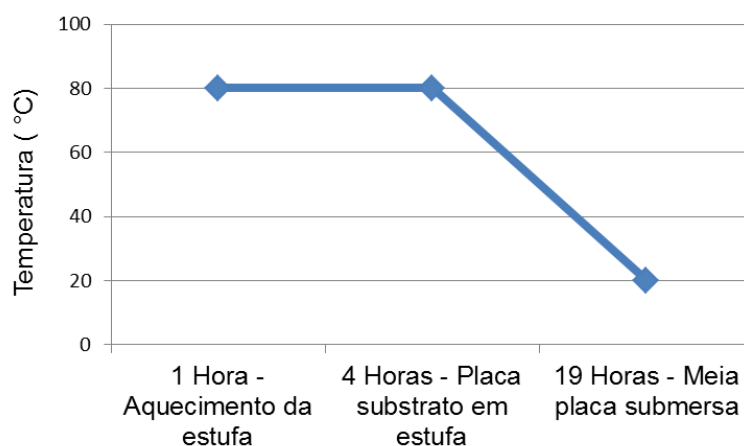


Figura 2 – Ciclo higrotérmico no período de 24 horas.

2.2.4 Avaliação de Impermeabilidade

Os ensaios realizados com o objetivo 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 descrito na 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 ($105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)	
		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	Análise visual de manchas de água na parte inferior da placa de concreto	
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	Introduzir água nas colunas	
		4	Leitura do volume da proveta, a fim de verificar o quanto foi absorvido pela placa de concreto	

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.

No ensaio Avaliação 2, foram confeccionados dois moldes, composto por chapas e cantoneiras de ferro. Essa moldura baseou-se na ABNT NBR 15310-2: 2009, como expõe a Figura 3. Nessa avaliação, verificou-se a impermeabilidade das placas examinando a capacidade de passagem de água por seu interior.

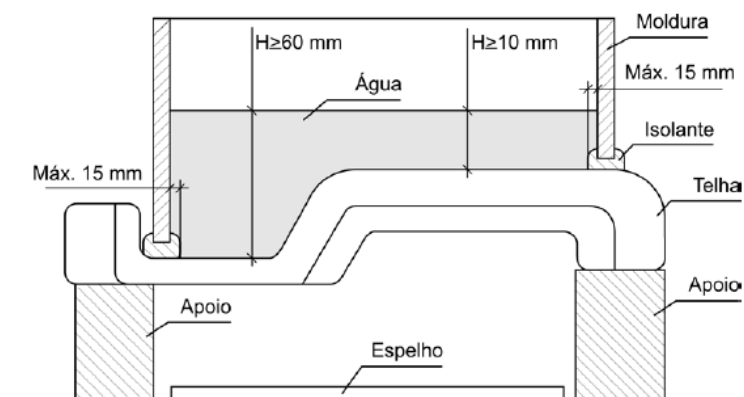


Figura 3 - Moldura para avaliação da impermeabilidade de telhas cerâmicas. Fonte: ABNT NBR 15310-2, Anexo B (2009).

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, utilizou-se uma coluna de água (proveta) de material polipropileno, graduada e nas dimensões equivalentes ao indicado pela norma (Figura 4). É importante mencionar que a proveta, exatamente como especificada pela ABNT NBR 14081:2015, não foi encontrada, portanto utilizou-se uma proveta similar. A Figura 4 mostra a disposição das três provetas com água inserida.



Figura 4 - Provetas fixadas com selantes na placa de concreto.

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 $p_{\text{value}} \leq 0,05$, 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 apresenta os resultados dos corpos de prova submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial e a Figura 5 ilustra tais resultados em um 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		

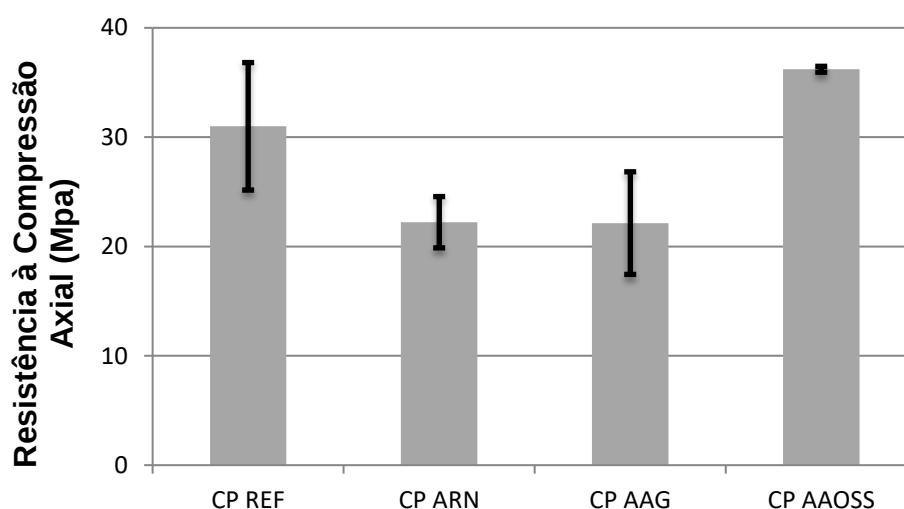


Figura 5 – Resultados de resistência à compressão axial

A avaliação com base na ANOVA revelou que os resultados de resistência à compressão nos corpos de prova não obtiveram diferença com o uso dos aditivos impermeabilizantes em relação ao concreto de referência (REF). Em outras palavras, os aditivos impermeabilizantes não influenciaram positivamente, bem como, não prejudicaram a resistência à compressão do concreto.

Com base em uma análise isolada, percebeu-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, verificou-se que os desvios padrões dos traços REF, AAG e do ARN são grandes explicando o motivo de estatisticamente a resistência a compressão não ser considerada diferente entre os grupos.

3.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE IMPERMEABILIDADE

3.2.1 Avaliação 1

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos após a execução do ensaio Avaliação 1 onde M1 corresponde à massa seca, M2 à massa submersa, e M3 à massa seca em estufa.

Tabela 6 – Valores das massas das placas

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	Desvio Padrão			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	Desvio Padrão			27,7
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	Desvio Padrão			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	Desvio Padrão			5,50
		Média Fixa			183,8	Média Fixa			143,5

Para que a análise dos dados desse ensaio apresentasse 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. Desta forma, os valores com limite superior, ou seja, a média mais duas vezes o desvio padrão, e os valores com limite inferior, a média menos duas vezes o desvio padrão foram excluídos do estudo. Os itens com asterisco (*) na Tabela 6 referem-se aos valores

excluídos, conforme o critério de Chauvenet. A Figura 6 apresenta a relação das médias calculadas para placas sem ciclos higrotérmicos e com ciclos higrotérmicos.

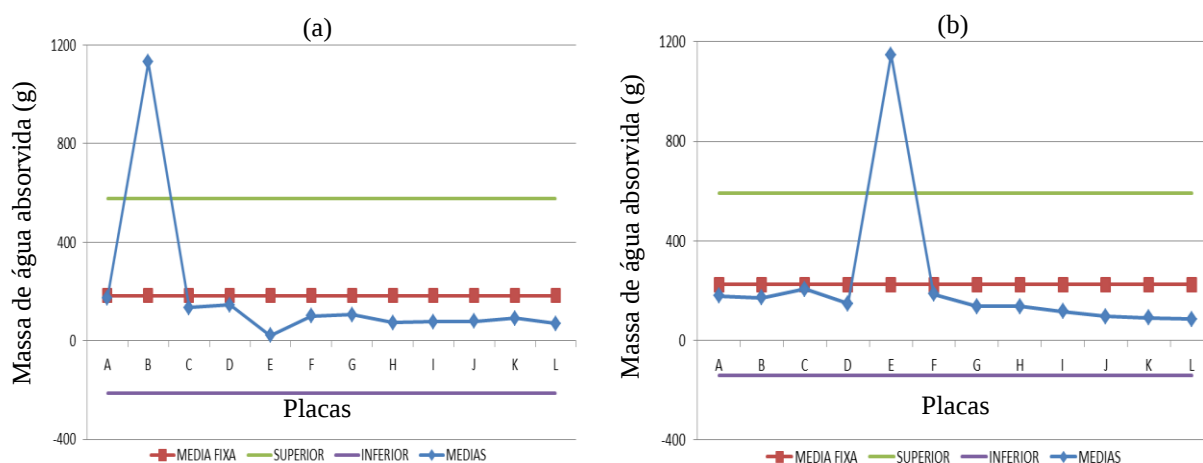


Figura 6 - Médias calculadas para placas sem ciclos higrotérmicos (a); Médias calculadas para placas com ciclos higrotérmicos (b).

Conforme pode ser visualizado na Figura 6, dois resultados não se adequaram as condições de Chauvenet: a placa B, do grupo PREF sem ciclos higrotérmicos, e a placa E do grupo PARN com ciclos. Logo, para o cálculo de absorção, foram excluídos esses dois valores. O Figura 7 apresenta as médias percentuais de absorção de água das placas de concreto.

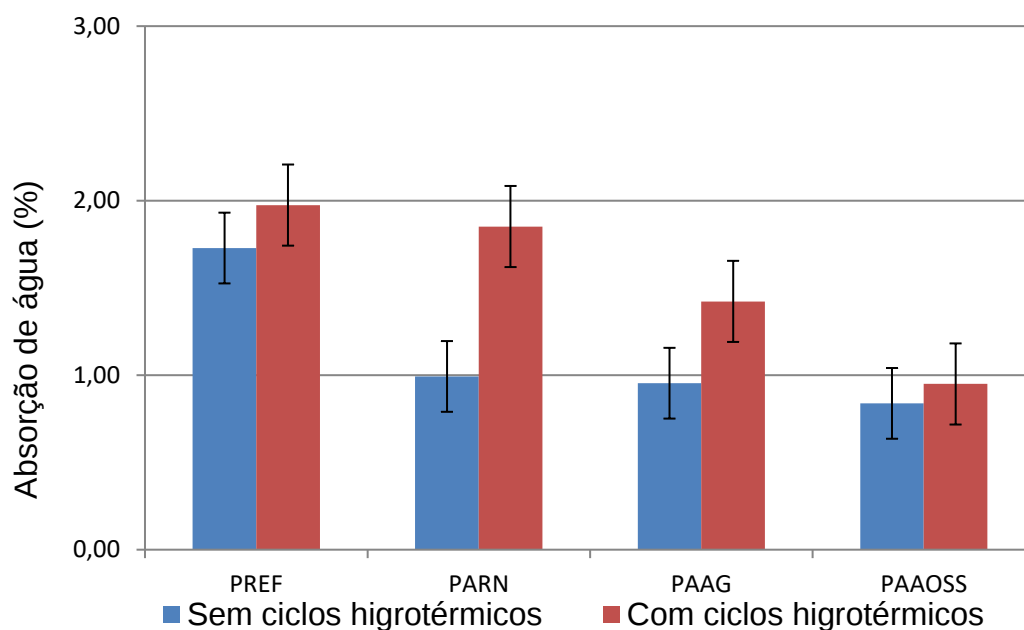


Figura 7 – Valores médios de absorção de água em cada grupo

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. Nos grupos PREF, PARN, e PAAOSS verificou-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 não foram influenciadas estatisticamente pelos choques térmicos e higroscópicos.

No entanto, dentre os grupos de placas que obtiveram ciclos higrotérmicos, apenas as placas PAAG e PAAOSS tiveram uma redução do valor médio de absorção de água em relação as placas de referência, com 29,97% e 50,97%, respectivamente.

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 8.

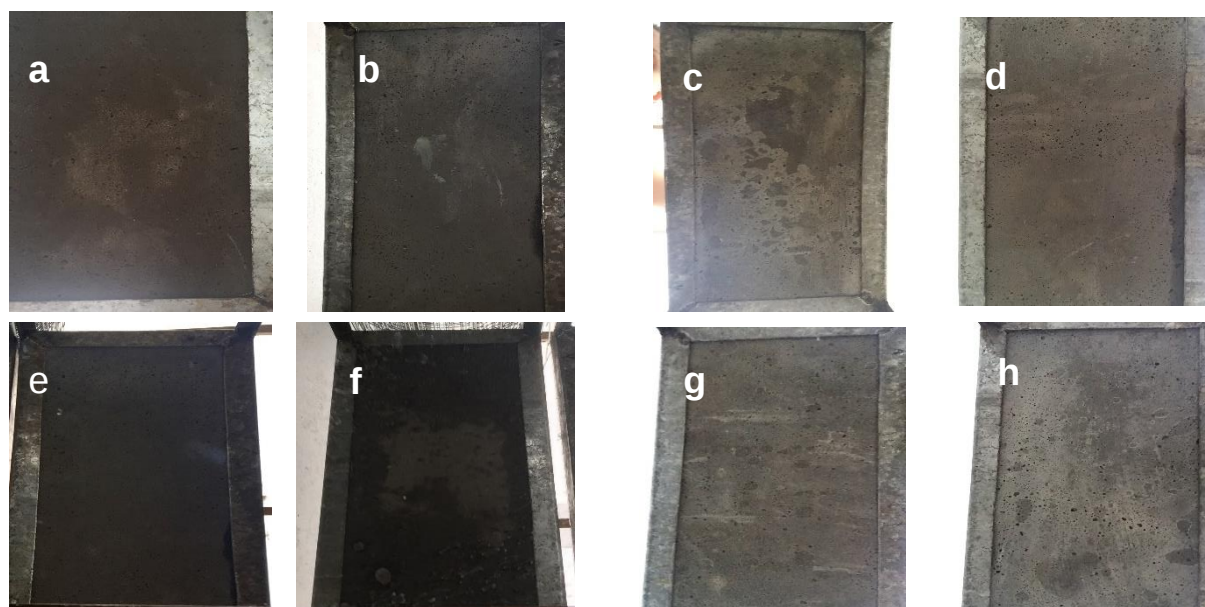


Figura 8 – Lado inferior das placas. Grupos PREF, PARN, PAAG e PAAOSS, sem ciclos (a), (b), (c) e (d); e com ciclos (e), (f), (g) e (h), respectivamente.

Essa associação pode ter sucedido pela possibilidade de o concreto das placas possuir maior porosidade capilar facilitando assim a 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 e a Figura 9 ilustra esses resultados graficamente.

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

Grupo de placas		Sem ciclos higrotérmicos Média das provetas (cm³)	Com ciclos higrotérmicos Média das provetas (cm³)
PREF	A	2,7	4,0
	B	3,0	5,3
	C	2,7	3,3
	Média	2,8	4,2
	Desvio Padrão	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
	Desvio Padrão	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
	Desvio Padrão	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
	Desvio Padrão	1,3	0,3

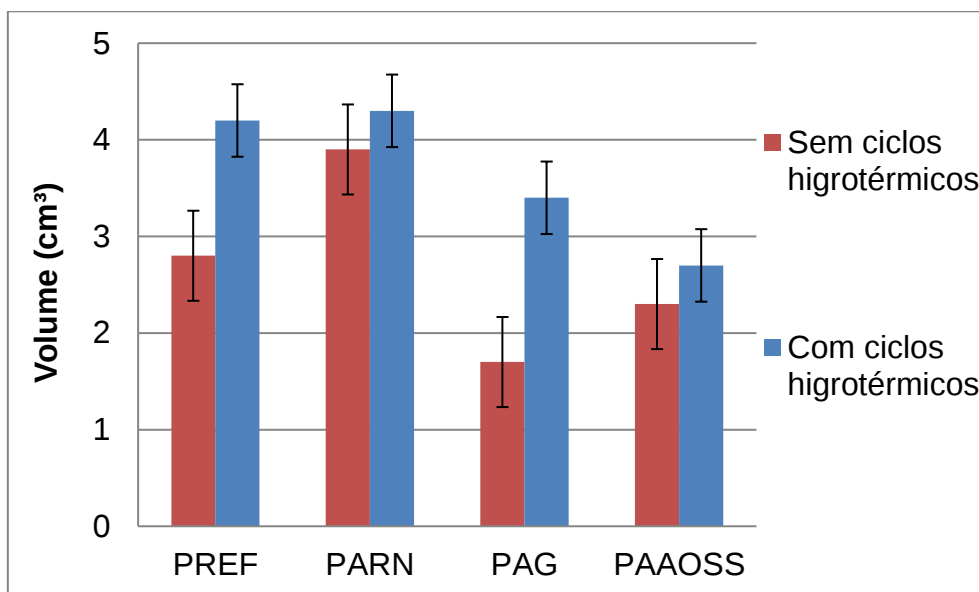


Figura 9 – Resultados em volume (cm³) de cada grupo de amostras.

Conforme a análise estatística utilizada, ANOVA, os resultados dos volumes de água absorvidos pelas placas não se diferenciaram entre as amostras que receberam ciclos higrotérmicos em relação às que não tiveram esses ciclos.

Além disso, foi possível observar 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, percebeu-se que houve um aumento do volume de água absorvido após os ciclos higrotérmicos em todos os traços, inclusive no 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 impermeabilidade, 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 das placas PAAG e PAAOSS, que obtiveram variações de temperatura, com relação ao grupo de placas referenciais.
- No terceiro e último ensaio de impermeabilidade, verificou-se que o emprego de variações higrotérmicas não alterou a absorção das amostras.
- As placas com aditivos impermeabilizantes não alteraram o valor médio de absorção de água comparado 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 o surgimento de patologias futuras.

Sugestão para trabalhos futuros:

- Estudo de novas técnicas para a prevenção de patologias originadas do excesso de umidade nas construções.
- Estudo comparativo com outros produtos impermeabilizantes.

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.

FERREIRA, R. Materiais e Ferramentas: **Conhecendo os Impermeabilizantes**. São Paulo: Pini, v. 44, fev. 2012. Disponível em: < <http://equipedeobra17.pini.com.br/>>. Acesso em: maio de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Ensaios 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.

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.

NEVILLE, Adam. **Propriedades do Concreto** 5ª Edição. Bookman Editora, 2015.

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.