Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018

Abril de 2018

HIDROFUGANTE DE SUPERFÍCIE: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE BARRAR O INGRESSO DA ÁGUA EM ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

SURFACE HYDROFUGANT: EVALUATION OF THE CAPACITY OF BARRING THE WATER INGRESS IN COATING MORTAR

M. DA SILVA
Discente de Engenharia civil
UFPa
Belém/PA; Brasil
micaelrubens@gmail.com

T. DA SILVA
Discente de Engenharia civil
UFPa
Belém/PA; Brasil
thaisdosocorro9@hotmail.com

S. LOBO
Discente de Engenharia civil
UFPA
Belém/PA; Brasil
saraferreiralobo@hotmail.com

K. SOUZA
Discente de Engenharia civil
UFPA
Belém/PA; Brasil
kamillacms@gmail.com

A. BATISTA
Discente de Engenharia civil
UFPA
Belém/PA; Brasil
andrebatista.ufpa@gmail.com

I. PAES
Professora Dra.
UFPA
Belém/PA; Brasil
isaurapaes@ufpa.br

RESUMO

Este trabalho foi realizado em parceria com uma construtora localizada em Belém/PA que, em virtude das condições climáticas locais (alto índice pluviométrico, elevada umidade e temperatura), buscou produzir argamassas de revestimento com menor absorção de água. Assim, realizou-se a pesquisa experimental onde, primeiramente, foi necessário reformular o traço da argamassa executada em obra, em virtude de resultados insatisfatórios de permeabilidade e resistência de aderência. Após esta etapa, foram confeccionados, em ambiente de laboratório, paineis em alvenaria de bloco cerâmico estrutural revestidos com uma argamassa de referência (aditivada) e outra argamassa de mesmo proporcionamento, porém, com sua superfície hidrofugada. Para reproduzir condições severas de intemperismo foram realizados 3 ciclos de molhagens diárias de 30 minutos cada, por 5 dias semanais, durante 60 dias. Deste modo, avaliou-se: formação de gotas, desenvolvimento de microrganismos, fissuração, pulverulência, permeabilidade e resistência de aderência. Os resultados mostraram desempenho satisfatório das propriedades mensuradas com tendência a diminuição da biodeterioração dos revestimentos.
Palavras-chave: Hidrofugante. Revestimento. Permeabilidade. Desempenho.

ABSTRACT

This work was carried out in partnership with a construction company located in Belém/PA that, due to the local climatic conditions (high rainfall, high humidity and temperature), sought to produce coating mortars with lower water absorption. Thus, the experimental research was carried out where, first, it was necessary to reformulate the mortar traces executed in the work, due to the poor permeability and adhesion resistance results. After this stage, panels in masonry of a structural ceramic block coated with a reference mortar (additive) and another mortar of the same proportion, but with their water-repellent surface, were made in a laboratory environment. In order to reproduce severe weather conditions, 3 cycles of daily wetting of 30 minutes each were performed for 5 days a week for 60 days. In this way, it was evaluated: formation of drops, development of microorganisms, cracking, dustiness, permeability and adhesion resistance. The results showed satisfactory performance of the properties measured with a tendency to decrease the biodeterioration of the coatings.
Keywords: Hydrofugant. Coating. Permeability. Performance

1. INTRODUÇÃO

As argamassas de revestimento são amplamente utilizadas nas áreas externas de edificações, seja para servir de base a outros revestimentos, como os cerâmicos, para receber a camada de tinta ou para promover a proteção dos elementos de vedação da edificação da ação direta dos agentes agressivos. Sendo assim, os revestimentos externos se encontram em ambientes de constante ação de agentes agressivos, como microrganismos, umidade e elevadas temperaturas. Nesse cenário encontra-se a cidade de Belém, que tem parte de suas edificações deterioradas pela exposição intensa a estes agentes, os quais acabam reduzindo a vida útil das construções.

Dessa forma, fenômenos patológicos podem ter ocorrência, sendo mais comuns os relacionados à ação da umidade, que iniciam e intensificam a degradação das superfícies, como corrobora Barberousse (2007). O aparecimento de anomalias oriundas da presença de água causa complicações originadas pela ação capilar que ocorre nos poros da argamassa, tornando-se veículo para o transporte de substâncias nocivas, atuando como ponto de partida para patologias como eflorescências, manchamentos e infiltrações. Essas, por sua vez, podem causar outras, como a fissuração, que influencia na resistência mecânica, possibilitando a proliferação de microrganismos e intensificando a taxa de deposição de partículas de poluição (MARANHÃO, 2007).

Percebe-se, portanto, que a estrutura porosa pode constituir de uma barreira natural que fisicamente dificulta o transporte de água na argamassa. Para isso deve-se buscar uma mistura dos materiais constituintes que propicie o maior empacotamento das partículas para a formação de menor volume e menor dimensão de poros, ou ainda, a utilização de materiais que possam maximizar essa proteção, como por exemplo, o uso de hidrofugantes/impermeabilizantes que podem ser adicionados a composição das argamassas de revestimento ou aplicados sobre as superfícies dos materiais já endurecidos (caso das argamassas) atuando como protetores superficiais. Neste sentido, a NBR 9575 (ABNT, 2010), relata que esse processo é resultante de um conjunto de componentes e elementos construtivos (serviços) que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade. Geralmente a impermeabilização é composta de um conjunto de camadas, com funções específicas, que são empregadas com o uso de aditivos.

A utilização de um agente hidrófugo sobre uma dada superfície tem por objetivo conferir-lhe propriedades hidrorrepelentes, ou seja, ter a capacidade de proteger o revestimento contra a ação da água, sem que ocorra preenchimento dos poros (bloqueadores de poros) e alteração da sua aparência (formadores de película). Esta propriedade é visível, principalmente, pela redução da facilidade de molhagem da superfície e pela consequente redução de absorção de água. Permitem a formação de uma fina camada à superfície dos materiais que lhes confere características hidrófugas, de durabilidade e resistência aos agentes climáticos, aos produtos químicos e aos microrganismos, ou seja, durante o período de vida útil devem ser cumpridas funções de protecção e impermeabilização das paredes garantindo a durabilidade e adequabilidade ao uso dos revestimentos (FOJO, 2006; CHAROLA, 2001; MEDEIROS, 2008).

Entre os tipos de aditivos impermeabilizantes, o hidrófugo de superfície é composto por partículas insolúveis muito finas localizadas no sistema poroso que possuem capacidade de repelir a água e sua penetração na argamassa (COSTA, 2008). O funcionamento do aditivo hidrofugante é descrito por Repette (2003) em etapas, sendo a primeira, a reação com o cimento, modificando a superfície dos produtos hidratados. Em conseguinte, existem duas formas de atuação: a formação de uma película na superfície do capilar ou a dispersão na superfície como finas partículas repelentes no cimento hidratado na composição geral.

Diante do exposto, este trabalho surge em parceria com uma construtora em Belém/PA, que buscou produzir argamassas de revestimento externo com menor absorção de água, em virtude das condições climáticas locais e dos desempenhos insatisfatórios das argamassas produzidas “in loco”. Para isso desenvolveu-se, em laboratório, a dosagem correta para a argamassa utilizada em obra e, posteriormente, analisou-se seu desempenho após o emprego de um aditivo hidrofugante de superfície, quanto aos seguintes parâmetros: permeabilidade (método do cachimbo), verificação da formação de gotas e diminuição da formação de microorganismos, ocorrência de pulverulência e fissuras e resistência de aderência dos revestimentos.

2. METODOLOGIA

Nesta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais, a saber: bloco cerâmico estrutural (140x290x190mm), cimento CP IV-32, agregado miúdo (areia natural) e aditivos químicos (plastificante e o hidrofugante de proteção superficial/pós-tratamento). A seguir são apresentadas as respectivas caracterizações.

2.1. Caracterização dos Materiais

Tabela 1 – Caracterização dos blocos cerâmicos estruturais

Caracterização dos blocos cerâmicos estruturais				
Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Índice de Absorção de Água (%) - ABNT NBR 15270-3:2005	Resistência à compressão (MPa) - ABNT NBR 15270-3:2005
137,77	189,1	288,67	12,23	5,71

Fonte: Oliveira et al., 2016

Tabela 2 – Caracterização física e química do CP IV-32

Análise física										
Característica determinada					Método de ensaio				Resultados	
Massa Unitária					NBR NM 45: 2006				1,19 g/cm³	
Massa Específica					NBR NM 23: 2001				2,72 g/cm³	
Área específica Blaine					NBR NM 76: 1998				455, 20 m²/kg	
Análise química (%)										
SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Cal livre	Perda ao fogo	Insolúvel
36,8	3,40	10,8	37,78	4,11	2,24	0,11	1,31	0,90	2,83	0,60

Fonte: Laboratório de Engenharia Química (UFPA)

Tabela 3 – Caracterização do agregado miúdo

Característica determinada	Método de ensaio	Resultados
Dimensão máxima característica	NBR NM 248: 2003	0,60
Módulo de finura	NBR NM 248: 2003	1,30
Graduação	NBR NM 248: 2003	Fina
Massa unitária (MU)	NBR NM 45: 2006	1,62 g/cm³
Massa específica (ME)	NBR NM 52: 2009	2,51 g/cm³
Índice de Vazios	NBR NM 45: 2006	34,51 %
Determinação de impurezas orgânicas	NBR NM 49: 2001	Teor Médio

Nesta pesquisa foram empregados dois aditivos: um aditivo plastificante para obtenção da trabalhabilidade ideal da argamassa de revestimento e, posteriormente, utilizou-se um aditivo hidrofugante mono-componente à base de cimento como proteção superficial. A Tabela 4 mostra as especificações destes, segundo seus fabricantes.

Tabela 4 – Especificações dos aditivos segundo os fabricantes

Características	Aditivo Plastificante	Aditivo Hidrofugante	
Massa específica	1,2 g/cm³	Diluente	Produto semi-pronto e solúvel em água
Especificações	Líquido cor amarronzada	Aspecto	Pó
pH	-	Composição	Polímeros, cimento, resinas, cargas minerais e aditivos especiais.

Fonte: Fabricantes, 2017

2.2 Dosagem da argamassa de chapisco e da argamassa de revestimento

O precedente para a realização desta pesquisa foi o desempenho insatisfatório de uma argamassa de revestimento dosada em obra e que, por meio dos ensaios de permeabilidade pelo método do cachimbo e de resistência de aderência, não atendeu aos requisitos normativos, em relação aos ensaios supracitados. A empresa em questão executava uma argamassa de chapisco com traço 1:3 (cimento: areia, em volume) e, sete dias após a execução deste realizava o lançamento de uma argamassa de revestimento com traço 1:12 (cimento:areia, em volume)+aditivo plastificante.

Ao avaliar tal revestimento constatou-se uma elevada permeabilidade, com consumo de praticamente toda a quantidade de água empregada no ensaio (3,5 ml dos 4,0 ml utilizados) e com resistência de aderência média de 0,26 MPa, ou seja, inferior aos 0,30 MPa exigidos para revestimento externos e fachadas, segundo a NBR 13749 (ABNT, 2013).

A partir destes resultados houve a necessitada de ajustar a dosagem da argamassa e, após este procedimento, empregar o aditivo hidrofugante na superfície do revestimento com a função de reduzir a penetração de umidade e formação de micro-organismos. O traço do chapisco foi mantido e o proporcionamento da argamassa foi ajustado em 1:9 (cimento e areia, volume)+aditivo plastificante (20ml/saco de cimento), conforme recomendação do fabricante. Após a execução da argamassa, foram realizados os ensaios no estado plástico e a moldagem dos corpos de prova para avaliações no estado endurecido. Nas Tabelas 5 e 6 estão dispostos os valores obtidos nesses ensaios.

.

Tabela 5 – Caracterização da argamassa no estado plástico, após correção de sua dosagem

Característica determinada	Método de ensaio	Resultados médios
Consistência (Espalhamento)	NBR 13276: 2005	326 mm
Densidade de massa	NBR 13278: 2005	1,93 g/cm³
Ar incorporado	NBR NM 47: 1995	15%
Retenção de água	NBR 13277: 2005	79%
Resistência ao cisalhamento	ASTM D 4648: 2000	1,58 KPa

Fonte: Autores, 2017.

Tabela 6 – Caracterização da argamassa no estado endurecido, após correção de sua dosagem

Característica determinada	Método de ensaio	Resultados médios
Resistência à compressão	NBR 5739: 2007	21,70 MPa
Absorção de água por capilaridade	NBR 9779: 2012	0,92 g/cm²

Fonte: Autores, 2017.

2.3 Execução dos painéis com revestimento em argamassa e o ciclo de molhagem

Para a etapa experimental foram confeccionados quatro painéis em alvenaria de bloco cerâmico estrutural com dimensões de 1,00 x 1,20 m^2. Posteriormente, foi realizada a aplicação do chapisco sobre estes e, após 7 dias realizou-se o lançamento da argamassa de revestimento. Com os painéis já revestidos, executou-se a aplicação do aditivo hidrofugante de superfície, com exceção do painel em que foi lançada a argamassa de referência. O aditivo hidrofugante de proteção superficial foi aplicado em três demãos, em intervalos de 4 horas entre as mesmas, conforme especificações do fabricante. O desempenho das argamassas foi avaliado a partir da realização de 3 ciclos de molhagens diários de 30 minutos cada, por 5 dias semanais, durante 60 dias. Esses ciclos tiveram por objetivo produzir condições agressivas de intemperismo, similares as do clima da região em que foi realizada a pesquisa. A Figura 1 mostra a execução dos painéis com o posterior desenvolvimento dos ciclos de molhagem.

Figura 1 – Exceção dos paineis e aplicação dos ciclo de molhagem.



Fonte: Autores, 2017.

2.4 Ensaios realizados

2.4.1 Análises visuais e instrumentadas

Nessa etapa, as análises basearam-se em observações diárias, nas quais, foram avaliadas as seguintes variáveis (Tabela 7):

Tabela 7 – Análises e metódos utilizados

Análise	Método
Umidade relativa do ar	Aplicativo móvel on-line
Temperatura média	Termômetro digital a laser
Alteração microbiológica aparente	Inspeção visual
Formação de gotas	Inspeção visual
Fissuração e pulverulência	Inspeção visual e tátil

Fonte: Autores, 2017.

Após endurecimento das argamassas foi realizada inspeção visual com intuito de observar a superfície acabada quanto à presença de fissuras, assim como, sua resistência à abrasão superficial (pulverulência). Os sinais de pulverulência mais comumente observados são a desagregação e o esfarelamento da argamassa ao ser pressionada manualmente. Para esta análise, foi utilizado um objeto metálico e pontiagudo pressionado contra a superfície do revestimento. Esta análise foi realizada após 3 (três) dias da aplicação do chapisco e avaliada também após a aplicação da argamassa de emboço, nas idades iniciais (3, 7 e 14 dias) e nas mais avançadas (28 e 60 dias).

Com relação à fissuração do revestimento, tanto o surgimento quanto à sua evolução foram acompanhados em cada painel durante todo o período dos ensaios. Sua apreciação deu-se pela evolução destas em cada painel durante todos os dias de análise e foram classificadas de acordo com sua abertura, por meio do uso de um fissurômetro, sendo quantificadas pela soma das medidas de seus comprimentos, em milímetros, dividido pelo valor da área de cada painel (m²). As fissuras foram classificadas com medidas variando entre 0,05mm a 1,0mm. Neste estudo foi realizada uma análise qualitativa do revestimento e uma analogia com a permeabilidade.

2.4.2 Permeabilidade pelo método do cachimbo

O ensaio de permeabilidade pelo Método do Cachimbo, proposto pelo CSTC – *Centre Scientifique at Technique de la Construction* da Bélgica, determina a absorção à água do revestimento, sob pressão inicial de 92mm de coluna d'água, que corresponde à ação estática de um vento com velocidade de 140 km/h. O objetivo da técnica é a determinação em laboratório ou *in loco* da avaliação da capacidade impermeabilizante ou de repelência à água de um revestimento avaliado por meio de sua capacidade de absorção de água. Neste estudo, o ensaio teve por base o procedimento realizado por Ramos et al. (2017) e foi realizado na idade de 60 dias. Esta data foi escolhida por se esperar que a porosidade superficial dos revestimentos já estivesse estabilizada, não apresentando grandes variações em idades ainda mais avançadas.

2.3.3 Resistência de aderência à tração direta

A resistência de aderência dos revestimentos depende das propriedades da argamassa no estado fresco, dos procedimentos de execução, da natureza, características e preparação da base. Esta propriedade pode ser medida por meio do ensaio de arrancamento por tração direta, que leva em consideração valores mínimos prescritos na NBR 13749 (ABNT, 2013).

Nesta pesquisa, o ensaio para determinação da resistência de aderência foi realizado nos revestimentos na idade de 60 dias, seguindo os procedimentos descritos na NBR 13528 (ABNT, 2010). Para a realização deste foi utilizado um dinamômetro de impacto e, em cada painel, foram realizados 12 arrancamentos, perfazendo um total de 48 medições. Foram registradas as cargas de ruptura, o diâmetro efetivo do corpo de prova, a espessura do revestimento e os percentuais dos tipos de ruptura. Cabe destacar, que assim como o ensaio de permeabilidade, o de aderência também foi efetuado na idade de 60 dias para a obtenção de resultados mais condizentes ao cimento empregado (CP IV-RS), o qual possui elevado teor de material pozolânico e reatividade mais lenta, inclusive no que tange ao ganho de resistência (NEVILLE, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análises visuais e instrumentadas

Diversas pesquisas relatam a influência das condições ambientais no desempenho das argamassas expostas a condições nocivas externas, especialmente, quando se avalia temperatura e umidade relativa, dentre estas, pode-se citar Moura (2007). Assim, para o diagnóstico sobre o comportamento dos painéis mediante fatores externos ambientais, julgou-se de suma importância a verificação de indicadores climáticos que mensurassem as características que o revestimento estaria submetido, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados das avaliações visuais e instrumentadas

Análises visuais e instrumentadas	Idades					
	28 dias			60 dias		
	REF	HBT	HBN	REF	HBT	HBN
Umidade relativa do ar	79%			78%		
Temperatura média	31,4°C	29,4°C	30°C	31,8°C	29,5°C	30,4°C
Alteração microbiológica aparente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Formação de gotas	Ausente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente
Fissuração e pulverulência	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa

Fonte: Autores, 2017.

As condições ambiente (temperatura e umidade) demonstraram valores elevados, característicos da região amazônica que, devido a presença da alta umidade favorecem a proliferação de microrganismos. Além disso, as chuvas frequentes, justificadas pela realização dos ensaios durante o “inverno amazônico” tornaram-se também um agente agressivo ao sistema de fachada. Já a temperatura, em combinação ao fator anterior, exige satisfatória resistência dos revestimentos quanto à sua expansão/contração, com aquecimento e resfriamento oscilatórios, possibilitando a geração de fissuras que irão servir de “caminhos” preferenciais para a penetração de agentes agressivos, em exemplo, a própria água da chuva.

Todavia, mesmo em presença destes aspectos desfavoráveis, com base nas análises visuais realizadas, os painéis exibiram ausência de alterações microbiológicas externas visíveis a olho nú, durante todo o período de estudo. Ressalta-se que este resultado não descarta uma possível formação de microrganismos, em virtude da metodologia adotada ter sido qualitativa, sem uso de técnicas mais específicas, como uma análise microbiológica interna.

Neste sentido, cabe destacar a pesquisa realizada por Oliveira et al. (2016) que avaliou, por meio de um estudo de caso, a alvenaria estrutural aparente com aplicação do hidrofugante, também localizada na região metropolitana de Belém/PA. Na pesquisa supracitada foi observado uma elevada deterioração da alvenaria

aparente em que não havia sido aplicado o hidrofugante de superfície. Esta ocorrência enfatiza a importancia da "proteção" advinda do uso do revestimento em argamassa aplicado sobre as alvenarias, em especial, as que se encontram em condições climáticas adversas.

Em relação a avaliação superficial de proteção externa da camada, as argamassas com imprimações hidrófobas apontaram formação de gotas (repelindo a água) durante todas as idades verificadas. Estes resultados foram satisfatórios uma vez que o aditivo empregado age por meio de formação de película e alteração da tensão superficial. Os hidrófugos apresentam uma tensão superficial inferior à da água, o que os leva a apresentarem propriedades hidrofóbicas. Com a sua aplicação no substrato, a superfície fica hidrofugada, sendo a sua tensão superficial reduzida, o ângulo de contacto tornase maior que 90º e a pressão torna-se negativa (menisco convexo). A partir deste efeito, a água não molha a superfície do substrato, e sim, "escorrega" e flui através da mesma (MARANHÃO e LOH, 2010; VRIES e POLDER, 1997).

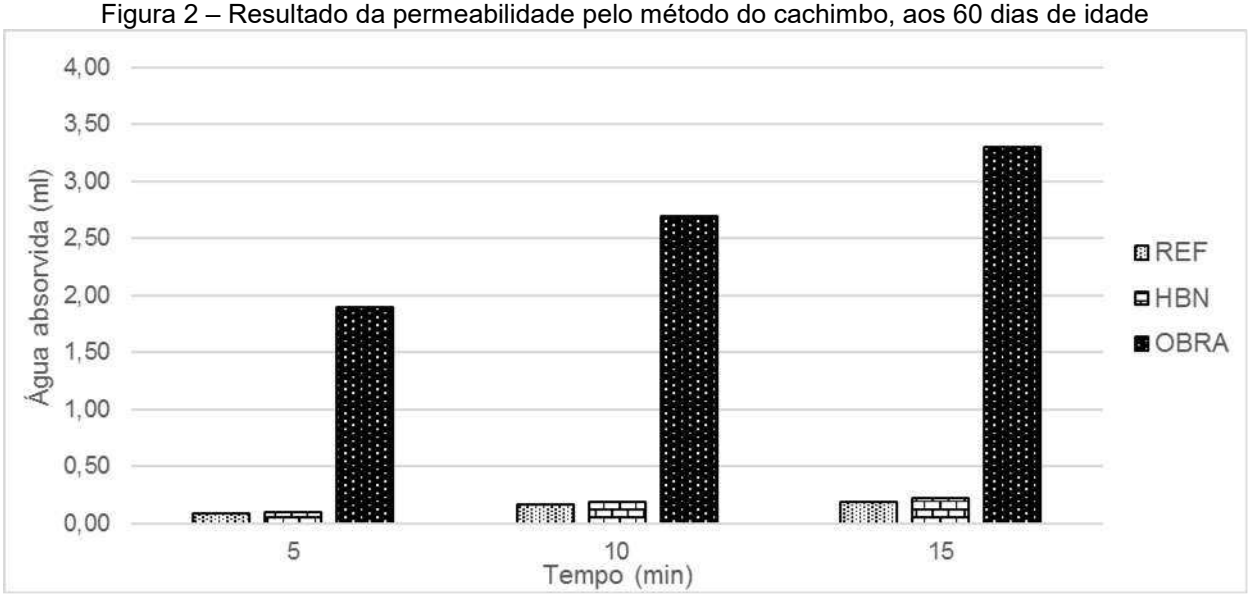
A análise da pulverulência da argamassa de revestimento, em especial, a de referência, a qual não havia a camada de imprimação do hidrofugante, demonstrou resistência ao risco, com coesão das partículas. Cabe explanar que a resistência da argamassa à abrasão superficial ou ao riscamento não si dá em função somente do consumo de cimento e da relação água/cimento, mas também da granulometria do agregado miúdo e do teor de cal ou do aditivo utilizado no traço. Assim, na definição de um traço de argamassa é necessário verificar o aspecto físico e visual da sua superfície aplicada ao substrato a que se destina, além da determinação das suas características físicas (MADEIRO, 2012).

Quanto ao grau de fissuração encontrado, a abertura média das fissuras foi de 0,10 mm, cabendo destacar que as fissuras próximas às extremidades dos painéis foram desconsideradas na análise, pois, possivelmente, ocorreram devido ao procedimento executivo do revestimento (sarrafeamento).

3.2 Permeabilidade de água pelo método do cachimbo

Para avaliar a ação do hidrofugante, o ensaio de permeabilidade de água pelo Método do Cachimbo foi realizado na idade de 60 dias em cada um dos painéis, conforme Figura 2.

Figura 2 – Resultado da permeabilidade pelo método do cachimbo, aos 60 dias de idade



Fonte: Autores, 2017.

Os resultados de permeabilidade mostraram notória discrepância entre os valores da argamassa dosada em obra e da argamassa dosada a partir de parâmetros racionais de uma dosagem adequada com e sem o aditivo hidrofugante. Devido seu proporcionamento incorreto, a argamassa dosada em obra apresentou resultados elevados, os quais foram extremamente reduzidos quando corrigidos, como apresentado nas permeabilidade inferiores das demais argamassas comparadas. Este comportamento demostrou que apenas com o incremento de um estudo de dosagem correto se pode proporcionar redução na absorção de

água. Além disto, os ciclos de molhagem do revestimento podem ter ocasionado uma espécie de "cura" na argamassa e com isso tornado os revestimentos mais estanques.

Mediante resultados entre a argamassa corrigida sem o uso de aditivo hidrofugante e com uso, estes exibiram similaridade, sendo os relacionados ao emprego do aditivo inferiores. Todavia, cabe ressaltar que as avaliações foram realizadas com a idade máxima de 60 dias e dessa forma, possivelmente, em idades mais avançadas, como de 2 a 3 anos, a argamassa hidrofugada, bem como a argamassa de referência, poderiam vir a apresentar comportamentos diferenciados.

Em outro ponto de vista, por meio da análise dos resultados se obteve também a confirmação de que outras variáveis influenciam decisivamente no desempenho do revestimento, como características da base, granulometria do agregado, natureza e o teor de aglomerante, execução e a mão-de-obra, já de conhecimento geral e, outras ainda pouco avaliadas, como aspectos relacionadas à temperatura, umidade relativa e ação do vento (MOURA, 2007). Neste sentido, complementa-se a pesquisa de Hattge (2004), que ao avaliar a permeabilidade de alvenarias de blocos cerâmicos e de concreto com aplicação de chapisco (1:3, cimento e areia grossa, em volume), afirmou que os revestimentos em argamassa, independentemente do tipo de base em que são aplicados, devem ser sobrepostos ao chapisco. O referido autor comenta que este elemento foi responsável por significativa melhoria na capacidade estanque do revestimento, ou seja, na diminuição da percolação de umidade e, consequentemente, em um desempenho mais satisfatório do recobrimento.

3.3 Ensaio de resistência de aderência à tração

Os resultados do ensaio de Resistência de aderência à tração direta das argamassas estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultado de resistência de aderência à tração nas argamassa após 60 dias

Resistência de aderência à tração direta (idade de 60 dias)		
Argamassa	Resultado médio (MPa)	Rupturas predominantes
OBRA	0,26	100% na argamassa
REF	0,67	67% na argamassa, 33% interface
HBN	0,38	65% na argamassa, 35% interface

Fonte: Autores, 2017

Os resultados mostram que a argamassa com a correção de traço (referência) e a argamassa com o uso de aditivo hidrofugante obtiveram valores de resistência de aderência acima do mínimo prescrito na norma NBR 13749 (ABNT, 2013), ou seja, superior a 0,30 MPa. Com relação à forma de ruptura, não houve diferença significativa entre os resultados de REF e de HBN, destacando-se apenas que a ruptura ocorreu predominantemente na argamassa. Salienta-se, ainda, que a argamassa da obra rompeu na própria argamassa em todos os pontos ensaiados da mesma.

De acordo com diversas pesquisas, a exemplo de Paes et al. (2014), a resistência de aderência é influenciada, entre outros, pelas trocas de umidade entre a argamassa plástica e o substrato. Os mesmos autores afirmam que a resistência de aderência à tração dos revestimentos é uma das propriedades mais correlacionadas com a taxa de absorção de água, visto que, maiores valores de resistência de aderência são, em geral, atribuídos à maior penetração da pasta aglomerante na estrutura porosa no substrato.

4. CONCLUSÕES

Embasado nas análises qualitativas e quantitativas realizadas conclui-se que os revestimentos apresentaram baixos índices de fissuração e pulverulência, além da ausência de alterações microbiológicas aparentes durante todo o período de estudo, ou seja, a princípio, o aditivo hidrofugante teve desempenho bastante satisfatório com relação as propriedades avaliadas, em especial, a redução da absorção de água, formação de gotas, aparente diminuição da sujicidade e proliferação de microorganismos.

Em referência ao ensaio de permeabilidade, todos os revestimentos obtiveram resultados similares e satisfatórios quanto a capacidade de barrar o ingresso da água, aspectos que confirmaram a importância do estudo de dosagem da argamassa. Averiguou-se que a correção efetuada no proporcionamento da argamassa (traço), anteriormente utilizada em obra, fez com que esta obtivesse desempenho elevado, porém, sem que se possa afirmar que a performance do mesmo se mantenha em idades mais avançadas (2 a 3 anos), principalmente, no que tange as atribuições requeridas ao uso do aditivo hidrofugante que seria de reduzir a absorção de água e diminuir a proliferação de microorganismos, frente ao clima adverso da região amazônica;

Na idade de 60 dias, a resistência de aderência das argamassas, com a correção de traço e com o uso de aditivo hidrofugante, atenderam ao valor mínimo estabelecido por norma (0,30 MPa). Porém, a formação de película e a mudança das características superficiais (aumento da tensão superficial) promovidas pelo aditivo hidrofugante podem ter alterado o mecanismo de transporte (troca) de água ocasionando um certo aprisionamente da umidade. Este fato pode ter afetado a mensuração desta propriedade e minimizado o valor da argamassa que continha este aditivo.

6. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D 4648.** Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13528:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13749:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15270-2:** Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 45:** Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 47:** Concreto – Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método pressométrico. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 49:** Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 5739:** Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-provas cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR NM 76:** Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine). Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 9575:** Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 9779:** Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

BARBEROUSSE, H.; RUOT, B.; YÉPRÉMIAN, C.; BOULON, G. **An assessment of façade coatings against colonisation by aerial algae and cyanobacteria.** Building and Environment. - 2007, V. 42, Issue 7, p. 2555-2561.

CARASEK, H.; **Patologia das Argamassas de Revestimento.** Goiás, 2011. – Livro Materiais de Construção, Instituto Brasileiro do Concreto.

CHAROLA, A. (2001) - Water Repellents and Other "protective" treatments: A critical review. 3rd International conference on surface technology with water repellents agents, Aedificatio Puclishers, pp. 3-20.

COSTA, L. L.; **O uso de argamassas tradicionais e pré-doseadas para impermeabilização em revestimentos exteriores.** 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2008.

DRANSFIELD, J. de. **Admixtures for concrete, mortar and grout. In NEWMAN, J.; CHOO, H. S., Advanced Concrete Technology – Constituent Materials.** 1 ed. Burlignton: Elsevier Butterworth Heinemann, 2013.

FOJO, A. (2006) - **Estudo da aplicação de consolidantes e hidrófugos em pedras graniticas da Igreja Matriz de Caminha**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

HATTGE, A. F.; **Estudo comparativo sobre a permeabilidade das alvenarias em blocos cerâmicos e alvenarias em blocos de concreto**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.

MADEIRO, T. T. de (2012). **Influência do tratamento de base na resistência de aderência à tração direta e na permeabilidade de revestimentos em argamassa – Estudo de caso**. Dissertação de Mestrado, Publicação 2012, Departamento de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém/PA.

MARANHÃO, F. L.; JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A.; PILEGGI, R. J. **Influência do tipo de cimento nas propriedades no estado fresco e endurecido das argamassas hidrofugadas com produtos à base de silicone**. 2007.

MARANHÃO, F.; LOH, K. (2010) - **O uso de hidrofugantes em materiais de construção porosos.** Téchne, Edição 155.

MEDEIROS, M. (2008) - **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos com protecção uperficial frente à ação de íons cloretos**. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre/RS, 2007.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888p.

OLIVEIRA, E. B.; CORREA, E. J. R.; PAES, I. N. L. Desempenho de aditivos impermeabilizante e hidrofugante empregados no sistema de revestimento em argamassa. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 21 a 23 de setembro de 2016. **Anais**. São Paulo, 2016.

PAES, I. N.; BAUER, E.; CARASEK, H.; PAVON, E. **Influencia del transporte de agua en morteros de revestimiento, en la resistencia a la adherencia**. In: Revista Ingenieria de Construcción, v. 29, n. 2, p. 175-186, 2014.

RAMOS, et. al. Desempenho de aditivos impermeabilizante e hidrofugante empregados no sistema de revestimento em argamassa. XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 22 a 24 de agosto de 2017. **Anais**. São Paulo, 2017.

VRIES, J.; POLDER, R. (1997) - Hydrophobic treatment of concrete, **Construction and Building Materials**, Vol. 11, nº 4, pp. 259-265