

ANÁLISE DA ABSORÇÃO DA ÁGUA POR CAPILARIDADE NA ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE IMPERMEABILIZANTE E HIDROFUGANTE

OLIVEIRA, Claudio Flavio¹

FELTEN, Débora²

RESUMO: Devido a umidade que tem disponível no solo e a fim de evitar que esta água suba pelos poros até as paredes, causando manifestações patológicas, o objetivo desta pesquisa foi analisar a absorção da água pelo fenômeno da capilaridade em argamassa com aditivos impermeabilizantes e hidrofugantes, comparando dois traços de argamassas (1:2:6), (1:2:8) que são comumente utilizados na região de Cascavel - Pr e 3 aditivos (Impersika, Vedacit e Rebotec), tendo como finalidade a impermeabilização da argamassa. O estudo seguiu as recomendações prescritas na NBR 13276 (ABNT, 2016), para determinar o índice de consistência, da NBR 9778 (ABNT, 2009), para determinar a absorção por imersão, índice de vazios, massa específica seca, massa específica saturada e massa específica real, e seguindo as recomendações da NBR 9779 (ABNT, 2012) para determinar a absorção por capilaridade. Para o ensaio os corpos de provas foram definidos as amostras como A1, A2, A3 e A4 para o traço 1:2:6 e B1, B2, B3 e B4 para o traço 1:2:8 e seus respectivos aditivos apresentados na Figura 3. Os resultados encontrados demonstram que a amostra A4 do traço (1:2:6) e B4 do traço (1:2:8), com mesmo aditivo da Rebotec, apresentaram um melhor resultado na absorção da água por imersão, quando comparadas às amostras de referência e demais aditivos. No índice de vazios analisados, a amostra A4 com o aditivo da Rebotec foi a que teve o menor índice entre todas as amostras. Na realização do ensaio de capilaridade, apesar dos dois traços ter atingido a altura máxima dos corpos de prova utilizados, o traço 1:2:6 obteve uma menor absorção em comparação com o traço 1:2:8. Essa absorção encontrada pode estar relacionada ao traço utilizado na pesquisa, já que os fabricantes de aditivos recomendam o traço 1:2:3 ou o traço 1:2:4. O aditivo da fabricante Rebotec foi o que obteve o melhor resultado nesta pesquisa, reduzindo a absorção da água por imersão e o índice de vazios, no entanto, nenhuma das argamassas utilizadas atendeu aos requisitos da NBR 9779 (ABNT, 2012) e atingiu a altura máxima dos corpos de prova.

Palavras-chave: Aditivo, Argamassa, Capilaridade, Hidrofugante, Impermeabilizante.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade na construção civil vem recebendo atenção, ganhando espaço em publicações e eventos, as empresas estão investindo tempo para realizar projetos mais eficientes, nos materiais utilizados e por fim, entregar um produto melhor aos clientes (OLIVEIRA, 2013).

Costa (2008) diz que ao longo dos anos as obras vão sofrendo com a ação do tempo e os elementos construtivos são afetados por agentes externos ou até mesmo com a ação do

¹Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: eng.claudiof@gmail.com.

² Docente, Mestre, Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel – PR.

homem. Mas parte destas patologias poderiam ser evitadas caso a edificação fosse impermeável à água, onde esta é um dos maiores causadores de patologias e pode ser vista como agente de degradação ou como meio para a instalação de outros agentes. (QUERUZ, 2007).

Para Righi (2009), a impermeabilização vem sendo esquecida, em partes por questões de custos ou desinformações, resultando o surgimento de patologias nas edificações e fazendo com que os reparos gerados por estas elevem os custos e que poderiam ser evitados caso a execução fosse realizada em sua etapa de desenvolvimento da construção.

Sabe-se que a argamassa (cimento, areia e água) não é impermeável em sua forma natural, para isso empresas as criaram com impermeabilizante incorporados e aditivos impermeabilizantes para ela, conforme (COSTA, 2008).

Com essas informações a justificativa para a realização desta pesquisa é devido ao fato de haver surgimento de patologias causadas por umidade ascendente em edificações.

A umidade ascendente ocorre através da absorção da água disponível no solo pelas fundações e vigas baldrame, deslocando essa água absorvida pelos poros do concreto, argamassa e tijolos, através do fenômeno conhecido como capilaridade.

Com a água absorvida, a capilaridade faz com que esta suba pelos poros até as paredes, causando as patologias geradas pela umidade da edificação como: manchas na pintura, mofo, eflorescência, deterioração entre outras patologias citada por (SUPLICY, 2012).

Para evitar que esta água suba por capilaridade, utilizam-se de aplicação com produtos impermeabilizantes e de aditivos adicionados à argamassa que será a base de estudo desta pesquisa.

Serão analisados a eficiência dos aditivos impermeabilizantes para argamassa dos fabricantes da marca Sika, Vedacit e Rebotec, produtos que segundo suas especificações têm como finalidade reduzir a absorção da água por capilaridade.

Este trabalho limitou-se na análise comparativa de corpos de prova com dois diferentes traços de argamassa utilizados na região de Cascavel-PR e na moldagem dos corpos de prova, a fim de atender as normas técnicas da ABNT, comparando-as com amostras sem aditivo. Foi analisado um produto de cada fabricante de aditivos impermeabilizantes citado acima, seguindo sua recomendação de dosagens.

Para tanto, esse trabalho tem o objetivo de responder a seguinte questão: Com a adição dos aditivos impermeabilizantes e hidrofugantes na argamassa, haverá redução da absorção de água pela capilaridade na argamassa?

Esta pesquisa teve como objetivo geral analisar o fenômeno de capilaridade em argamassas com adição de impermeabilizantes e hidrofugantes.

Salienta-se que para que este trabalho científico obtivesse pleno êxito, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- a) Determinar os índices de consistência da argamassa em estado fresco com diferentes aditivos, conforme prescrito pela NBR 13276 (ABNT, 2016);
- b) Realizar o ensaio da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica dos corpos de prova, conforme prescrito pela NBR 9778 (ABNT, 2009);
- c) Ensaio para determinar a absorção de água por capilaridade dos corpos de prova, conforme prescrito pela NBR 9779 (ABNT, 2012).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Composição da argamassa

Segundo Recena (2008), a argamassa é obtida através da mistura de um ou mais aglomerantes de origem mineral, agregado miúdo e água, apresentam baixa resistência mecânica e alta porosidade, sendo permeáveis.

Uma argamassa adequada para o uso deve conter agregado de boa qualidade em quantidade correta e a água deve ser limpa, a execução do procedimento deve ser correta, assim como as condições ambientais apropriadas (FONTES, 2013).

Silva, Buest e Campiteli (2005), destacam em seu trabalho que em argamassas de revestimento a quantidade adequada de água utilizada em sua preparação é determinante na resistência à compressão, aderência à tração, fissuração e a capacidade de deformação do revestimento, onde podem ser avaliados através do módulo de elasticidade.

2.1.1 Aglomerantes

Para Recena (2008), os aglomerantes minerais são aqueles obtidos a partir de minerais naturais que sofrem processos de industrialização e transformação, ou mesmo em

sua forma natural. A NBR 11172 (ABNT, 1990) prescreve que o cimento e a cal são aglomerantes caracterizados como argamassa mista e devem ter proporções adequadas para cada finalidade em que é destinada.

2.1.1.1 Cimento

O cimento a ser utilizado é o cimento Portland comum com Pozolana, descrito pela NBR 11172 (ABNT, 1990), sendo obtido pela moagem de clínquer Portland, que pode ser adicionado a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. A norma prescreve ainda, que durante sua moagem são permitidas a mistura de adição de materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e materiais carbonáticos. Devido a estas adições, o cimento Portland comum recebe a classificação como:

- CPS – Cimento Portland Comum Simples
- CPE – Cimento Portland Comum com Escória
- CPZ – Cimento Portland Comum com Pozolana.

2.1.1.2 Cal

A cal tem como seu principal constituinte o óxido de cálcio ou óxido de cálcio em presença natural com o óxido de magnésio, podendo ser hidratados ou não conforme a NBR 11172 (ABNT, 1990).

Segundo Melo *et al.* (2007), a cal virgem é obtida da calcinação do calcário em fornos industriais à elevadas temperaturas e que ao entrar em contato com a água ocorre uma reação, obtendo assim a cal hidratada. Uma de suas propriedades destacada por Melo é a plasticidade obtida em estado fresco, que em contato com a água funcionam como lubrificante, reduzindo o atrito entre os agregados, proporcionando uma boa aderência e melhorando a trabalhabilidade. Outra propriedade é a capacidade de retenção de água em torno de suas partículas.

2.1.2 Agregado miúdo

A NBR 7211 (ABNT, 2009) classifica o agregado miúdo aos grãos que passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira de malha 150 µm, em

ensaios realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248 com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

A areia é caracterizada como agregado miúdo, sendo extraídas de leitos de rios e responsáveis por degradação de cursos d'água, retirada de cobertura vegetal, estes são itens considerados prejudiciais ao meio ambiente, desta forma órgãos responsáveis pela fiscalização do meio ambiente coíbem esta extração, deixando a mineração cada vez mais distante do mercado consumidor, encarecendo o preço final (BARBORA, COURA e MENDES, 2008).

A areia tem uma grande importância na produção da argamassa, pois ela possui uma proporcionalidade alta se comparada com os demais componentes utilizados. Mas por sua vez, pode interferir no índice de vazios, aumentando sua porosidade e consequentemente o desenvolvimento de patologias nas edificações.

2.1.3 Impermeabilizante e hidrofugante

Um dos objetivos na elaboração de uma edificação é garantir a estanqueidade à água, podendo utilizar-se de tratamento com produtos impermeáveis, na elaboração de projetos e planejamento como medidas de prevenção (APOLINÁRIO, 2013).

Segundo Neves (2019), o impermeabilizante dá à superfície uma proteção contra a pressão hidrostática, criando assim uma barreira impermeável caso a água entre em contato com o material impermeabilizado. Já o hidrofugante apresenta menor resistência a este tipo de pressão, mas é capaz de repelir à água, podendo assim contribuir na proteção da superfície aplicada.

2.1.3.1 Impermeabilizante

A NBR 9575 (ABNT, 2009) define todos os tipos de aplicação, tipos de materiais impermeabilizantes, os métodos utilizados, meios de serviços de aplicação e os projetos. Define também os aditivos impermeabilizantes, sendo um produto adicionado à argamassa em até 1% da quantidade com relação ao peso do produto final, com o objetivo de promover propriedades impermeabilizantes.

Segundo Costa (2008), os adjuvantes e aditivos são capazes de modificar as propriedades das argamassas em vários aspectos, como melhorar a aderência, incorporadores

de ar, aceleradores ou retardantes de tempo de pega, entre outros, possuindo ainda aditivos capazes de diminuir a permeabilidade dos líquidos.

Atualmente no mercado brasileiro, há disponível vários fornecedores de aditivos para argamassa com propriedades impermeabilizantes, estes produtos geralmente são encontrados em seu estado líquido, mas também estão disponíveis em pó, podendo facilitar o manuseio do produto na hora de produzir a argamassa.

2.1.3.2 Hidrofugante

Maranhão *et al.* (2007), diz em seu estudo que os principais produtos comercializados no Brasil são à base de acrílicos, poliuretanos e derivados de silicones (silanos e siloxanos). Os dos dois primeiros grupos agem formando películas e os outros modificam as tensões superficiais dos poros.

Os produtos hidrofugantes possuem ação através da impregnação dos poros do material em que é aplicado, tornando-os repelentes à água. Este tratamento cria uma fina camada de filme contínuo sobre a superfície dos poros, reduzindo drasticamente a sucção da água, sem os obstruir, deixando o material tratado com permeabilidade para o vapor de água (MARTIN, SANTOS e MOLINA, 2013).

Em estudos realizados por Gasques *et al.* (2017), verificou-se que os aditivos hidrofugantes analisados por ele não causaram alterações significativa nas propriedades no estado fresco da argamassa. Já em estudos realizados por Nascimento e Antunes (2017), ocorreu uma alteração na relação água/cimento utilizada para a mistura em determinado aditivo analisado por eles.

Em informações disponíveis nas fichas técnicas de fabricantes de aditivos impermeabilizantes e hidrofugantes, fabricantes como Sika e Vedacit, entre outros, descrevem que seus produtos reagem com o cimento impedindo a entrada da água nas redes capilares das argamassas e dos concretos.

2.2 Absorção da água por capilaridade.

Paranhos *et al.* (2007), diz que a capilaridade é o fenômeno que faz com que um líquido suba ou desça por finos tubos capilares ao entrar em contato com um sólido.

2.2.1 Mecanismo de transporte

Nos ensaios realizados por Medeiros *et al.* (2006), ele diz que um material de construção poroso como o concreto, ao entrar em contato com a água, esta é absorvida pelas forças dos capilares e estes podem ser influenciados pela viscosidade dos líquidos, ângulo de contato e pelo raio dos poros.

A realização do transporte dos líquidos ocorre através da força de atração entre um líquido e um material sólido. Esta atração ocorre entre a combinação da tensão superficial da água e a adesão de suas moléculas no interior dos poros (SALOMÃO, 2012 *apud* BERTOLINI, 2010).

2.2.2 Umidade ascendente

Salomão (2012) diz em estudos realizados com painéis de alvenaria de blocos cerâmicos, que a umidade disponível no solo é transportada pela ascensão capilar para as paredes através da viga baldrame e contrapiso.

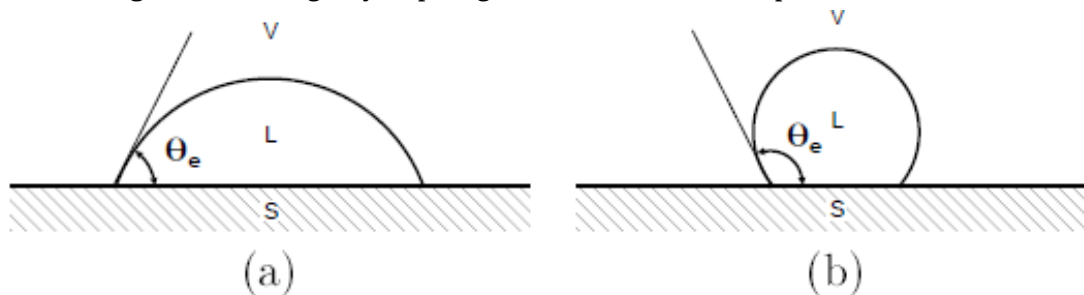
A umidade ascendente absorvida pelos rodapés das paredes através do alicerce atingem diferentes níveis de altura, tornando a patologia mais comum e que pode ser observada em residências (NASCIMENTO e ANTUNES, 2018).

Perez (1986) classifica a umidade encontrada em diferentes momentos durante a vida útil de uma edificação como:

- Umidade de obra: ocorre durante o processo construtivo;
- Umidade de absorção e capilaridade: decorrente da água existente do solo, deslocada pelos capilares da fundação para a edificação;
- Umidade de infiltração: ocorre através da água da chuva ao penetrar em elementos da edificação;
- Umidade de condensação: gerada por vapores de água condensada na superfície ou nos elementos construtivos;
- Umidade acidental: gerada por vazamentos do sistema hidráulico da edificação.

A Figura 1 representa o ângulo de contato de uma gota em repouso sobre um material sólido, originando a penetração do líquido em meio aos poros. Este ângulo pode variar de acordo com a estrutura do material e sua porosidade (WOLF, 2006)

Figura 1 – Configurações para gota em contato com a superfície.



Fonte: Wolf (2006).

- (a) Gota espalhada na superfície do material, formando um ângulo de contato inferior a 90°. Nesta fase o líquido penetra na superfície;
- (b) Gota espalhada na superfície do material, formando um ângulo de contato superior a 90°. Nesta fase o líquido não penetra na superfície.

3. METODOLOGIA

3.1 Descrição do traço

Para a realização da pesquisa foram utilizados 2 aditivos hidrofugantes para argamassa e 1 aditivo impermeabilizante, conforme apresentado na Figura 2, todos encontrados no comércio da cidade de Cascavel - PR.

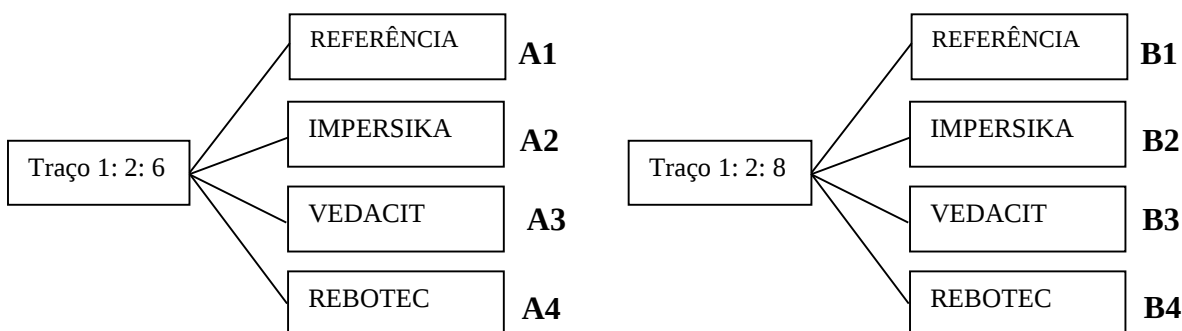
Figura 2 – Aditivos impermeabilizante e hidrofugantes utilizados.



Fonte: Autor (2020).

Os traços dosados para esta pesquisa foram 1:2:8 e 1:2:6, comumente utilizados em Cascavel –PR, também citados por Rigo (2015), Santana e Aleixo (2017). Para cada traço foram utilizados os mesmos aditivos, conforme representado na Figura 3, e foram moldados ao todo 80 corpos de prova para a pesquisa.

Figura 3: Amostras para análise.



Fonte: Autor, 2020

As argamassas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa foram compostas por cimento Portland CP II Z 32 da fabricante Votorantim, Cal Hidratada da fabricante Tamandaré, areia média como agregado miúdo extraída da região de Guaíra-PR, água destilada conforme prescrito pela NBR 7215 (ABNT, 2019), aditivos impermeabilizantes e hidrofugantes.

3.2 Preparação da argamassa

Foi utilizada uma balança com resolução de 0,1g para determinar os volumes do cimento, cal, areia e aditivos, conforme prescrito na NBR 7512 (ABNT, 2019).

As misturas foram realizadas por um misturador mecânico com cuba de inox, pá de metal e giro em torno do próprio eixo, de acordo com a prescrição da NBR 7215 (ABNT, 2019).

Para executar a mistura, necessitou-se do auxílio de um cronômetro, de acordo com a NBR 7512 (ABNT, 2019), o este deve ser iniciado assim que o cimento entrar em contato com a água e todas as misturas deverão ocorrer em um tempo de 4 minutos.

O procedimento de preparação da argamassa seguiu a normatização da NBR 16541 (ABNT, 2016) que prescreve o preparo da mistura para a realização de ensaios.

3.3 Realização dos testes

A realização dos testes seguiu as determinações prescritas pela NBR 7215 (ABNT, 2019) para a preparação e moldagem; as prescrições da NBR 16541 (ABNT, 2016) para preparação da argamassa; e obtenção da determinação do índice de consistência para argamassa conforme prescrito na NBR 13276 (ABNT, 2016) onde está representada na Figura 4, início da etapa de preparação.

Figura 4: Preparação do ensaio de índice de consistência.



Fonte: Autor, 2020

3.3.1 Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica

Para a determinação da absorção por imersão, índice de vazios e massa específica utilizou-se dos procedimentos prescritos pela NBR 9778 (ABNT, 2009).

A norma aplica as seguintes definições:

- Absorção de água por imersão (A);
- Índice de Vazios (I_v);
- Massa específica da amostra seca (ρ_s);
- Massa específica da amostra saturada (ρ_{sat});
- Massa específica da amostra saturada (ρ_{sat});
- Massa específica real (ρ_r).

Para realização dos testes foram necessários os seguintes equipamentos:

- Balança hidrostática;
- Recipientes para imersão;
- Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Para realização dos testes as amostras foram preparadas e moldadas, conforme Figura 5 e prescrito na NBR 7215 (ABNT, 2019).

Figura 5: Corpos de provas moldados.



Fonte: Autor (2020).

Para determinação da massa seca (m_s), foram colocadas as amostras na estufa e estas se mantiveram em uma temperatura aproximada de 105°C por 72h. Após esse período utilizou-se de uma balança para determinar e registrar a massa da amostra, conforme Figura 6.

Figura 6: Registo da amostra seca.



Fonte: Autor (2020).

Para determinar a massa saturada (m_{sat}) foi imergido as amostras em água com temperatura de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ durante 72h. Após o período determinou-se e registrou-se a massa com o auxílio da balança hidrostática (m_i), conforme Figura 7. Retirou-se a amostra da água e a enxugou com o auxílio de um pano úmido, determinando assim a massa saturada (m_{sat}).

Figura 7: Registro da amostra imersa.



Fonte: Autor (2020).

Calcular a absorção (A), em porcentagem, pela Equação 1:

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

m_{sat} é a massa saturada (g);

m_s é a massa seca (g);

Calcular o índice de vazios (I_v), em porcentagem, pela Equação 2.

$$I_v = \frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

m_i é a massa saturada imersa (g);

m_s é a massa seca (g);

Calcular a massa específica da amostra seca (ρ_s), pela Equação 3.

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_{sat} - m_i} \quad (3)$$

Onde:

m_i é a massa saturada imersa (g);

m_s é a massa seca (g);

m_{sat} é a massa saturada (g);

Calcular a massa específica da amostra saturada após a fervura (ρ_{sat}), pela Equação

4.

$$\rho_{sat} = \frac{m_{sat}}{m_{sat} - m_i} \quad (4)$$

m_i é a massa saturada imersa (g);

m_{sat} é a massa saturada (g);

Calcular a massa específica real (ρ_r), pela Equação 5.

$$\rho_r = \frac{m_s}{m_s - m_i} \quad (5)$$

m_i é a massa saturada imersa (g);

m_s é a massa seca (g);

3.1.3.2 Determinação da absorção de água por capilaridade

Para determinação da absorção por capilaridade utilizou-se da NBR 9779 (ABNT, 2009), que prescreve as aparelhagens e procedimentos para a correta determinação da absorção de água por capilaridade.

As aparelhagens para a realização dos testes foram:

- Estufa com capacidade de manter a temperatura constante em aproximadamente 105 °C;
- Recipiente para armazenar os corpos de prova;
- Suporte;
- Balança;
- Forma circular;
- Soquete metálico.

Para a realização dos testes, necessitou-se de corpos de prova isentos de matérias aderidos provenientes da moldagem. Estes foram levados para secar em estufa por um período de 72 horas para que a massa específica estivesse constante.

Com a conclusão do processo de secagem as amostras foram deixadas em temperatura ambiente por 24 horas e assim determinou-se a massa seca (m_s) das amostras.

Iniciou-se então o processo de imersão parcial dos corpos de prova, para isso foi instalado dentro do recipiente arames que mantiveram afastados os corpos de prova do fundo, conforme Figura 8, posteriormente foi adicionado água até obter um nível constante de aproximadamente 5 mm de imersão dos corpos de prova.

Figura 8: Imersão dos corpos de prova no recipiente.



Fonte: Autor (2020).

Nos períodos de 3 h, 6 h, 24 h, 48 h e 72 h, foram realizadas a determinação da massa saturada (m_{sat}), os corpos de prova foram enxugados com o auxílio de um pano úmido e com o processo concluído, retornaram ao recipiente de ensaio imediatamente.

Concluída a etapa anterior, iniciou-se o rompimento das amostras através da compressão diametral, permitindo a visualização da ascensão capilar máxima distribuída no interior dos corpos de prova, conforme apresentado no interior da Figura 9.

Com os resultados devidamente anotados, é possível obter através da Equação 6 a determinação da absorção da água por capilaridade.

$$C = \frac{m_{sat} - m_s}{s} \quad (6)$$

Onde:

C é a absorção de água por capilaridade (g/cm²)

m_{sat} é a massa saturada (g);

m_s é a massa seca (g);

s é a área da seção transversal (cm²)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Determinação do índice de consistência

O processo teve início na separação dos materiais, realização da mistura e em seguida a realização do ensaio de índice de consistência da argamassa, utilizado para determinar a quantidade de água necessária para que o índice de consistência atingisse o valor de 260mm ± 5mm prescrito na NBR 16541 (ABNT, 2016). O quadro 1 contém os dados dos materiais utilizados para confecção dos corpos de prova e o resultado do ensaio de índice de consistência.

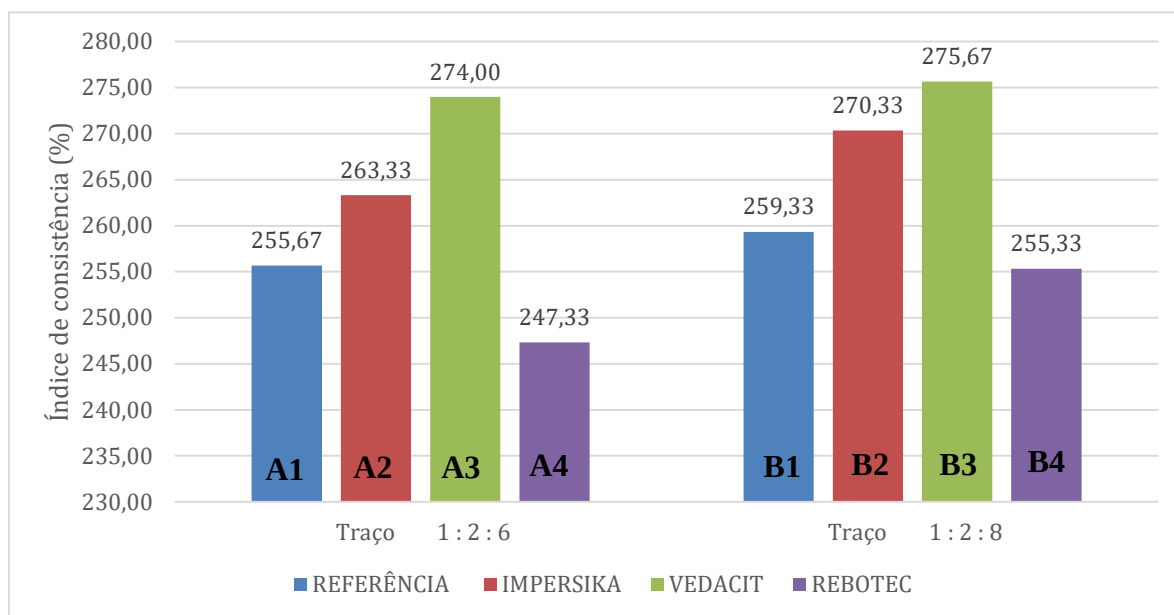
Quadro 1: Quantitativo de material e índice de consistência.

Traço	Amostra	Cimento (g)	Cal (g)	Areia (g)	Aditivo (g)	Água (g)	Índice de consistência (mm)
1 : 2 : 6	A1	273,0	375,2	2128,8	0,0	519,00	255,67
	A2	273,0	375,2	2128,8	5,0	519,00	263,33
	A3	273,0	375,2	2128,8	10,0	519,00	274,00
	A4	273,0	375,2	2128,8	20,0	519,00	247,33
1 : 2 : 8	B1	273,0	375,2	2838,4	0,0	635,00	259,33
	B2	273,0	375,2	2838,4	5,0	635,00	262,33
	B3	273,0	375,2	2838,4	10,0	635,00	268,00
	B4	273,0	375,2	2838,4	20,0	635,00	255,33

Fonte: Autor (2020).

As amostras A1 e B1 foram utilizadas como argamassa de referência para determinar a quantidade de água que seria utilizada no comparativo entre os aditivos. Com os resultados coletados é possível observar na Figura 9 que ao adicionar os aditivos, as amostras A2, A3, B2 e B3 comparadas com as argamassas de referência, ocorreu um aumento no índice de consistência, já nas argamassas A4 e B4 houve uma redução neste mesmo índice.

Figura 9: Apresentação do índice de consistência representado em milímetros



Fonte: Autor (2020).

Ao analisar a amostra A2 comparada à amostra A1 de referência, foi possível observar que ocorreu um aumento de 3% do índice de consistência, valor que pode estar relacionado com a composição líquida do aditivo que teve uma adição de 5g do produto na argamassa, isso ocorreu também para a amostra A3, com um aumento de 7,17% do índice de consistência comparada com a amostra de referência A1 que adicionou 10g do aditivo. Já na amostra A4 ocorreu uma redução de 3,26% comprada com a amostra A1, fato que pode estar relacionado ao aditivo utilizado por se tratar de um material sólido e que adicionou 20g do aditivo na argamassa.

Para a amostra B2 observou-se também aumento no índice de consistência comparado a amostra B1, que teve um aumento de 4,24%; na amostra B3 comparada com a B1 teve um aumento de 6,30% de aumento do índice e consistência; e na amostra B4 uma redução de 1,54% do índice de consistência comparado com a B1.

4.2 – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica

Com a realização do ensaio foi possível determinar a porcentagem da absorção da água e índice de vazios, já na determinação da massa específica seca, massa específica saturada e massa específica real, o resultado obtido é em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados de caracterização das amostras para determinação da absorção por imersão, índice de vazios e massa específica.

Traço	Amostra	Absorção (%)	Índice de Vazios (%)	Massa Específica Seca (g/cm³)	Massa Específica Saturada (g/cm³)	Massa Específica Real (g/cm³)
1 : 2 : 6	A1	14,01	24,72	1,76	2,01	2,34
	A2	13,44	23,40	1,67	1,91	2,18
	A3	13,92	23,29	1,74	1,98	2,27
	A4	12,59	23,16	1,84	2,07	2,39
1 : 2 : 8	B1	14,07	25,29	1,80	2,05	2,41
	B2	13,86	24,07	1,76	2,01	2,34
	B3	13,94	24,57	1,74	1,98	2,29
	B4	12,94	24,71	1,91	2,16	2,54

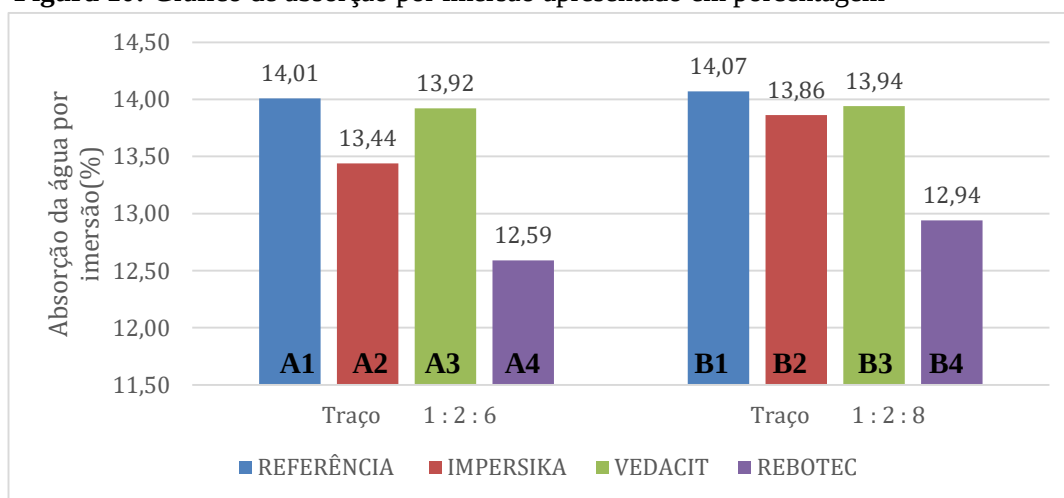
Fonte: Autor (2020).

Os dados apresentados na Tabela 1 estão representados nos gráficos da Figura 10, 11 e 12.

4.2.1 – Determinação da absorção de água por imersão

Os dados apresentados na Tabela 1, representam o valor médio entre 3 amostras de corpo de prova, com os dados foi gerado o gráfico representado na Figura 10, na qual é possível analisar a absorção da água por imersão.

Figura 10: Gráfico de absorção por imersão apresentado em porcentagem



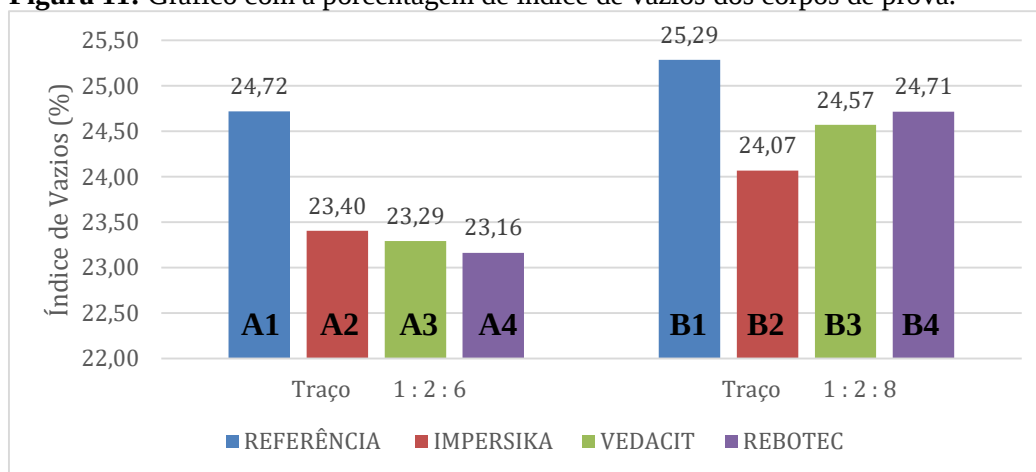
Fonte: Autor (2020).

Ao analisar o gráfico da Figura 10 é possível observar que as amostras A4 e B4 tiveram uma menor absorção de água por imersão comparadas com a amostra de referência e também comparadas com as amostras A2, A3, B2 e B3.

4.2.2 – Determinação do índice de vazios

O índice de vazios refere-se à porcentagem de espaço livre que tem disponível no interior do corpo de prova e está representada na Figura 11.

Figura 11: Gráfico com a porcentagem de índice de vazios dos corpos de prova.



Fonte: Autor (2020).

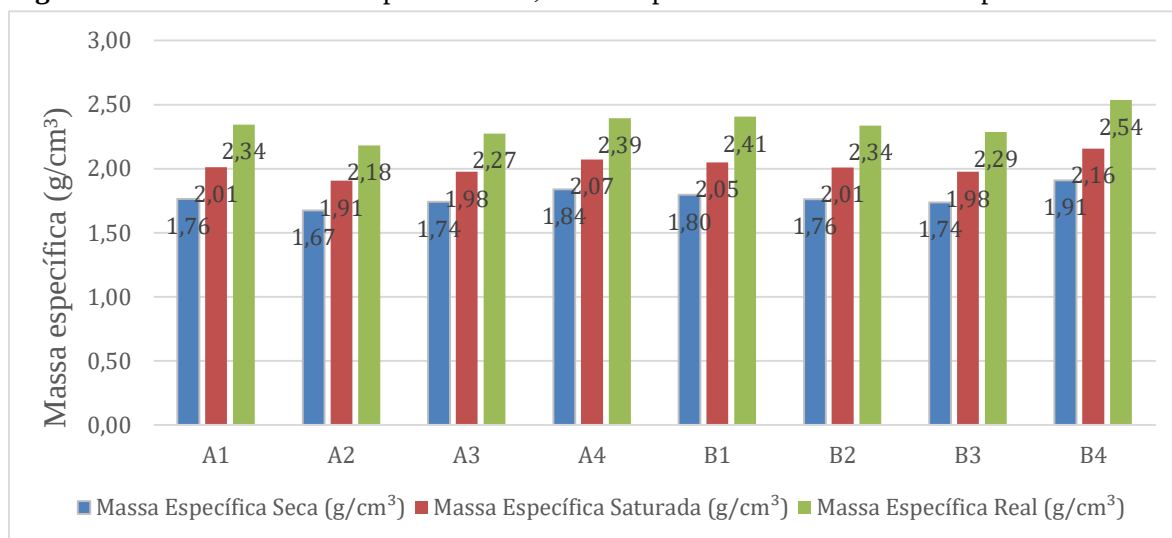
É possível observar que na amostra A4 analisada ela foi a que teve o menor índice de vazios dentre todas as amostras analisadas, mas ao comparar ela com a B4, que é referente ao mesmo aditivo, porém com traço de argamassa diferente, ela teve um aumento no índice de vazios, e comparando com os demais aditivos de mesmo traço, a amostra B4 foi o aditivo que teve o maior índice de vazios.

Ao analisar as amostras em um contexto geral, é possível dizer que as que possuem aditivos no traço 1:2:6 ocorreu uma inversão do resultado comparando com o traço 1:2:8, pois o aditivo da amostra A2 teve o pior resultado no traço 1:2:6 e a amostra B2, referente ao mesmo aditivo, tem o melhor resultado no traço 1:2:8. Isso acontece também para os demais aditivos. Nas amostras de referência é possível observar um aumento no índice de consistência do traço 1:2:8 em comparação com o traço 1:2:6 e o aumento ocorre também nas demais amostras deste.

4.2.3 – Determinação da massa específica

A NBR 9778 (ABNT, 2009), tem como objetivo além de prescrever a determinação da absorção por imersão e índice de vazios, determinar a massa específica seca, massa específica saturada e a massa específica real, conforme representado na Figura 12.

Figura 12: Gráfico de massa específica seca, massa específica saturada e massa específica real



Fonte: Autor (2020).

As amostras A4 e B4 de mesmo aditivo foram as que tiveram uma maior massa específica seca, saturada se real comparadas com as demais, isso pode estar relacionado ao composto do material do aditivo, pois se trata de um composto sólido parecido com cimento, já os aditivos utilizados na amostra A2, A3, B2 e B3 são compostos líquidos leitosos.

4.3 – Determinação da absorção de água por capilaridade.

Após todo processo de preparação da argamassa e moldagem dos corpos de provas, as amostras foram levadas para a câmara úmida, onde foi realizado um primeiro ensaio para determinar a absorção da argamassa com 24 horas de cura dos corpos de provas, após esse período foram deixados os corpos de prova na estufa e ao término do tempo, estes permaneceram em temperatura ambiente. Após isso, colocou-se os corpos de prova em contato com a água para obter os resultados da absorção desta por capilaridade, apresentado na Tabela 2, que representam os valores em g/cm² conforme prescrito pela NBR 9779 (ABNT, 2012).

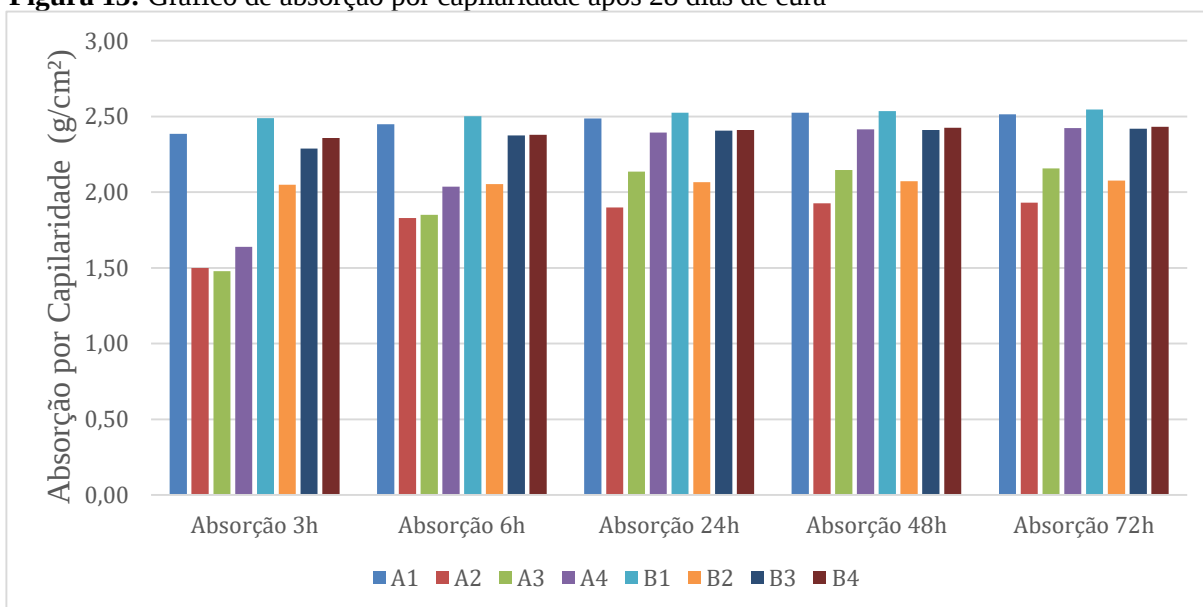
Tabela 2: Absorção da água por capilaridade (g/cm²), após 24 horas de cura úmida.

Amostra	Absorção 3h	Absorção 6h	Absorção 24h	Absorção 48h	Absorção 72h
A1	2,39	2,45	2,49	2,52	2,51
A2	1,50	1,83	1,90	1,93	1,93
A3	1,48	1,85	2,14	2,15	2,16
A4	1,64	2,04	2,39	2,41	2,42
B1	2,49	2,50	2,52	2,54	2,55
B2	2,05	2,05	2,07	2,07	2,08
B3	2,29	2,38	2,41	2,41	2,42
B4	2,36	2,38	2,41	2,43	2,43

Fonte: Autor (2020).

Com base nos resultados encontrado no ensaio de capilaridade e apresentados na Tabela 2, foi gerado o gráfico que está representado na Figura 13.

Figura 13: Gráfico de absorção por capilaridade após 28 dias de cura



Fonte: Autor (2020).

Após 6 horas a partir do corpo de prova entrar em contato com a água, foi possível observar que as amostras já haviam absorvido água até atingirem a altura máxima dos corpos de prova, deixando assim os corpos de prova completamente saturados. Foi concluído então o processo de coleta de dados, conforme recomendações da NBR 9779 (ABNT, 2012).

Como a NBR 9779 (ABNT, 2012) prescreve que caso a ascensão capilar atingir a altura máximo do corpo de prova o ensaio não tem significado, foi iniciado um novo processo de preparação e moldagem destes, posteriormente deixados por 28 dias curando, a fim de

atender as recomendações desta normativa. Após o término do período, iniciou-se um novo teste que chegou ao resultado apresentado na Tabela 3.

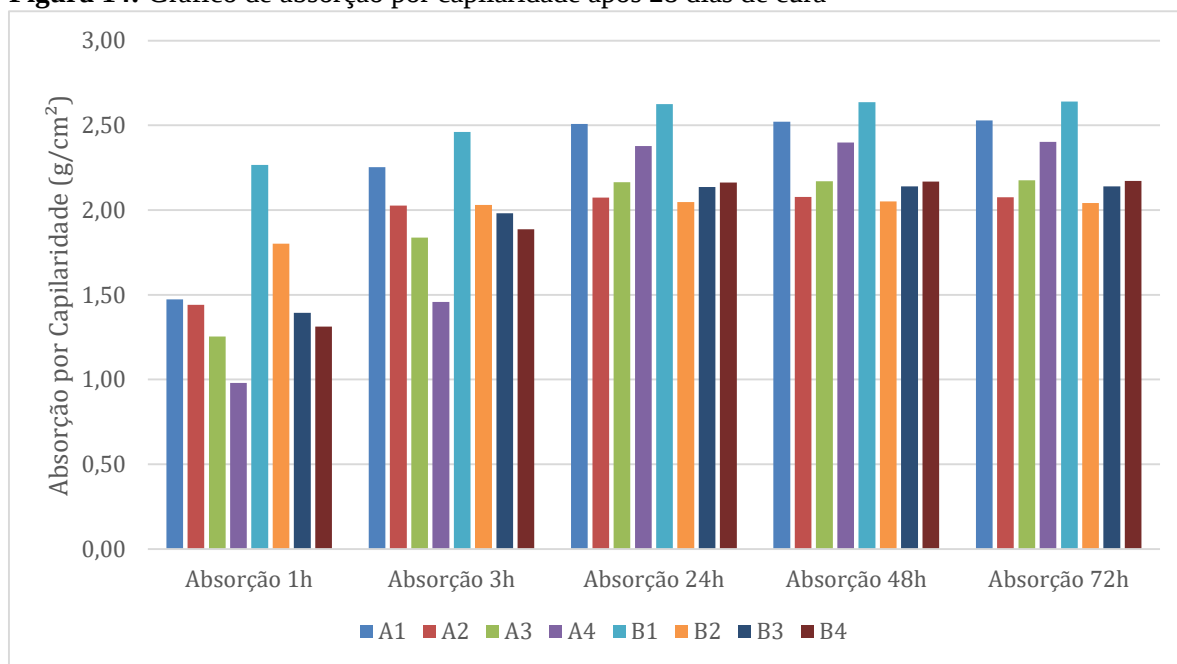
Tabela 3: Absorção da água por capilaridade (g/cm^2), após 28 dias de cura.

Amostra	Absorção 1h	Absorção 3h	Absorção 24h	Absorção 48h	Absorção 72h
A1	1,47	2,25	2,51	2,52	2,53
A2	1,44	2,03	2,07	2,08	2,08
A3	1,25	1,84	2,16	2,17	2,18
A4	0,98	1,46	2,38	2,40	2,40
B1	2,27	2,46	2,63	2,64	2,64
B2	1,80	2,03	2,05	2,05	2,04
B3	1,39	1,98	2,14	2,14	2,14
B4	1,31	1,89	2,16	2,17	2,17

Fonte: Autor (2020).

Com base nos resultados encontrado no ensaio de capilaridade e apresentados na Tabela 3, foi gerado o gráfico que está representado na Figura 14.

Figura 14: Gráfico de absorção por capilaridade após 28 dias de cura



Fonte: Autor (2020).

Com o início do novo ensaio observou-se que a absorção ascendente da água ainda estava elevada, então foi registrado após uma hora a contar no momento em que o corpo de prova entra contato com a água conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15: Registro de absorção por capilaridade após uma hora do início do ensaio



Fonte: Autor (2020).

É possível observar na Figura 15 que a amostra A4 do traço 1:2:6 foi a que teve a menor absorção de água por ascensão capilar e também é a que teve o menor índice de vazios entre as amostras, conforme apresentado na Figura 11. Com base nesses dados é possível dizer que quanto maior o índice de vazios, maior será a absorção por ascensão.

Ao analisar os dados é possível dizer que o índice de vazios está diretamente relacionado à absorção da água por capilaridade. Este pode ter interferido no resultado que não foi o esperado e o resultado também pode ter relação com o traço utilizado, pois a fabricante Vedacit prescreve nas instruções contidas no rótulo do aditivo que deve se utilizar traço 1:2:3 ou 1:2:4, dependendo de cada aplicação, também prescrito pelo fabricante Sika.

Como o traço utilizado foi superior ao recomendado pelas fabricantes de aditivos e a alteração do traço está diretamente ligado à quantidade de agregado úmido utilizado, neste caso a areia, o resultado obtido pode ter ligação com a areia média utilizada para o ensaio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como a proposta deste estudo foi analisar a absorção da água pelo fenômeno da capilaridade e o resultado obtido, apesar de não ter sido o esperado, é possível dizer que os aditivos para argamassa reduzem a absorção de água por capilaridade quando comparados com a argamassa sem aditivo, apesar deste estudo não atender as recomendações prescritas pela NBR 9779 (ABNT, 2012), da absorção atingir a altura máxima dos corpos de prova.

Os resultados encontrados demonstram que a amostra A4 do traço (1:2:6) e B4 do traço (1:2:8) com o aditivo Rebotec apresentaram um melhor resultado na absorção da água por imersão quando comparadas às amostras de referência e demais aditivos. No índice de vazios analisados a amostra A4 do traço 1:2:6 foi a que teve o menor resultado entre as demais, sendo possível constatar também que as amostras com o aditivo da fabricante Rebotec obtiveram o menor valor de índice de consistência, que está diretamente relacionado à trabalhabilidade da argamassa. Em laboratório observou-se que o aditivo Impersika apresentou a melhor trabalhabilidade por conter também propriedades plastificantes em sua composição.

Ao analisar os resultados, é possível dizer que apesar da absorção de umidade ascendente ter atingido a altura máxima nos corpos de prova dos dois traços utilizados, o traço 1:2:6 obteve uma menor absorção em comparação com o traço 1:2:8. Essa absorção encontrada pode estar relacionada ao traço utilizado na pesquisa, já que os fabricantes de aditivos recomendam o traço 1:2:3 ou o traço 1:2:4. O aditivo da fabricante Rebotec foi o que obteve o melhor resultado neste estudo, reduzindo a absorção da água por imersão e também o índice de vazios, no entanto nenhuma das argamassas utilizadas atendeu aos requisitos da norma. Já o aditivo do fabricante Vedacit, um dos mais conhecidos e usados em nossa região, foi o que obteve o pior resultado em relação à absorção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM ISO 3310-1: Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT).** Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro, 2009 Versão Corrigida em 2019.

_____. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2019.

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

_____. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2005 Versão Corrigida 2:2009.

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

_____.NBR 11172 - Aglomerantes de origem mineral – Terminologia. Rio de Janeiro, 1990.

_____.NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

_____.NBR 16541: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

APOLINÁRIO, M. S. Danos causados por falhas na impermeabilização da infraestrutura de edificações térreas residenciais privativas unifamiliares com área até oitenta metros quadrados. Revista online ESPECIALIZE, janeiro. 2013.

BARBOSA, M. T. G.; COURA, C. G.; MENDES, L. O. Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto. Ambiente construído, 2008. Disponível em < <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5047> > Acesso em: 15 de mar. 2020.

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

FONTES, W. C. Utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2013.

GASQUES, E. G. F.; OYAMADA, P. G.; ROSA, M. A. Influência de aditivos hidrofugantes na propriedade de aderência de argamassa de revestimento. Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC', 2017.

MARTÍN, J. A. C.; SANTOS, A. G.; MOLINA, J. F. P. La influencia de los productos hidrofugantes em la succión del ladrillo cerâmico cara vista. Boletim da sociedade espanhola de nota técnica de Cerâmica e vidro, 2013.

MEDEIROS, M.; GOMES, T. S.; HELENE, P. Hidrofugantes de superfície: Estudo da capacidade de barrar o ingresso de água no concreto. Surface hydrophobic agents: Study of the capacity of stopping water penetration in concrete. Teoria e prática na engenharia civil, abril, 2006.

MELO, K. A.; ANDRADE, A. F.; LIRA, E. M.; FRANÇA, M. S.; QUEIROZ, M. M.; CARNEIRO, A. M. A influência do teor de cal hidratada nas propriedades de argamassas de cimento, cal e areia. In 2 Congresso Português de argamassa e ETICS. 2007.

NASCIMENTO, K. L. C.; ANTUNES, E. G. P. Análise da influência, nas propriedades físico – mecânicas, da adição de aditivos hidrofugantes em argamassa de revestimento.

Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil, 2017.

NEVES, A. **Impermeabilizante e hidrofugante para gesso: entenda as diferenças!**. Site disponível em < <https://www.blok.com.br/blog/impermeabilizante-para-gesso> > Acesso em: 5 de abril. 2020.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Universidade Federal do Rio De Janeiro, 2002.

PARANHOS, A.; VECHIA, D.; BELTRAME, M. **Capilaridade: um fenômeno de superfície com aplicações cotidianas**. VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2008.

QUERUZ, F. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa**. 1. Porto Alegre: editora EDIPUCRS, 2012.

RIGO, E. **Avaliação da influência de aditivos hidrofugantes e impermeabilizantes nas propriedades das argamassas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Cascavel, 2014.

RIGUI, G.V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções - análise de caso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SALOMÃO, M. C. F. **Estudo da umidade ascendente em painéis de alvenaria de blocos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2012.

SANTANA, B. V.; ALEIXO, I. V. **Avaliação da absorção por capilaridade de argamassas para revestimento com diferentes aditivos impermeabilizantes**. Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS – Brasília, 2017.

SILVA, N. G.; BUEST, G.; CAMPITELI, V. C. **A influência do filler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento**. Anais do II SUFFIB - SEMINÁRIO: O Uso da Fração Fina da Britagem, Cuchierato *et al.* (eds) 2005.

SUPLICY, G. F. S. **Patologias ocasionadas pela umidade das edificações**. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

WOLF, F. G. **Modelagem da Interação Fluido-sólido para Simulação de Molhabilidade e Capilaridade Usando o Modelo *Lattice-Boltzmann***. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.