



## **Análise da influência, nas propriedades físico – mecânicas, da adição de aditivos hidrofugantes em argamassa de revestimento**

Karen Laisla Casagrande do Nascimento <sup>1</sup>

Elaine Guglielmi Pavei Antunes <sup>2</sup>

**Resumo:** O sistema de argamassa tem a função de proteger e regularizar superfícies, além de servir como base para outros revestimentos. O sistema de revestimento argamassado pode apresentar algumas manifestações patológicas, dentre elas, a infiltração. A água é um dos principais geradores de patologias, de forma direta ou indireta, em quaisquer de seus estados físicos. A porosidade exerce um papel importante no transporte de água nas argamassas. Uma das maneiras de se impermeabilizar argamassas pode ser a inserção de aditivos de ação hidrofugante nas misturas. Os aditivos hidrofugantes têm a função de reduzir a taxa de penetração de água por absorção capilar, porém não previnem a penetração de água. O aditivo analisado trata-se de um composto químico da linha dos Silano e Siloxanos, entre outros aditivos. O presente trabalho visa analisar a inserção de distintas proporções de aditivos com função de impermeabilização em argamassa para revestimento. O traço unitário utilizado é de 1:6 (cimento e areia, em massa) e posteriormente traços com a adição de cal e dos aditivos. As propriedades físicas e mecânicas da argamassa foram analisadas através de ensaios de resistência à tração na flexão, resistência à compressão, módulo de elasticidade e absorção de água por capilaridade, além da análise microestrutural através da microscopia eletrônica de varredura. Os resultados dos ensaios demonstraram que as argamassas produzidas com o aditivo de um composto químico da linha dos Silano e Siloxanos no geral foram semelhantes as produzidas sem o aditivo, além disso, tratando-se do ensaio de absorção de água por capilaridade, teve um resultado similar aos traços sem a incorporação do aditivo.

**Palavras-chave:** aditivo impermeabilizante; argamassa de revestimento; aditivo hidrofugante; aditivo para argamassas.

### **Analysis of the influence, on the physical - mechanical properties, of the addition of water-repellent additives in coating mortar**

**Abstract:** The mortar system has the function of protecting and smoothing surfaces, in addition to serving as a base for other coatings. The mortar coating system can present some pathological

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, karenagn@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheira Civil, Doutora, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, elainegpa@unesc.net

manifestations, including infiltration. Water is one of the main generators of pathologies, directly or indirectly, in any of its physical states. Porosity plays an important role in the transport of water in mortars. One of the ways to waterproof mortar can be the insertion of water-repellent additives in the mixes. Water repellent additives have the function of reducing the rate of water penetration by capillary absorption, but they do not prevent water penetration. The analyzed additive is a chemical compound from the Silane and Siloxane line, among other additives. The present work aims to analyze the insertion of different proportions of additives with a waterproofing function in mortar for coating. The unitary mix used is 1: 6 (cement and sand, in bulk) and later mixes with the addition of lime and additives. The physical and mechanical properties of the mortar were analyzed through tests of tensile strength in flexion, compressive strength, modulus of elasticity and water absorption by capillarity, in addition to microstructural analysis using scanning electron microscopy. The results of the tests demonstrated that the mortars produced with the additive of a chemical compound from the Silane and Siloxane line in general were similar to those produced without the additive, in addition, in the case of the capillarity water absorption test, it had a result similar to the strokes without incorporating the additive.

**Key-words:** waterproofing additive; coating mortar; water repellent additive; mortar additive;

## Introdução

O sistema de revestimento argamassado (SRA) tem a função de proteger e regularizar superfícies, além de servir como base para outros revestimentos. Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR (Norma Brasileira) 15575:2013, os elementos de vedação vertical dos edifícios habitacionais devem proporcionar a estanqueidade, estabilidade, durabilidade, entre outros fatores de segurança e economia. A ABNT NBR 13529:2013 define a argamassa para revestimento como “uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”.

O SRA pode apresentar algumas manifestações patológicas, dentre elas, a infiltração, tendo em vista que fica bastante exposto as intempéries. As infiltrações não só prejudicam a vida útil e o desempenho da edificação, como trazem riscos à saúde e a vida das pessoas que usufruem da mesma (BARROS e RIBEIRO, 2010). A água é um dos principais geradores de patologias, de forma direta ou indireta, em quaisquer de seus estados físicos. Pode ser vista



como um agente de degradação ou como um meio para a instalação de outros agentes (QUERUZ, 2007).

A presença de umidade favorece o transporte de agentes agressivos para o interior dos revestimentos argamassados, Thomaz (2013, p. 177) enfatiza que “as condições de saúde e higiene nas habitações podem ser comprometidas por uma série de fatores, sendo a umidade fonte potencial de doenças respiratórias, formação de fungos e outros”

Segundo Rato (2006), durante o processo de endurecimento da mistura argamassada, uma complexa rede de poros é formada. Ela é resultante de um conjunto de ações adotadas na fabricação e cura, além das condições de aplicação e das características dos substratos que recebem esses materiais.

A porosidade exerce um papel importante no transporte de água nas argamassas. A absorção e movimentação da água nos poros podem ser experimentalmente avaliados por meio de indicadores do fenômeno de capilaridade (RAMOS et al., 2017).

Pode-se definir aditivo como um produto indispensável à composição e finalidade do concreto ou argamassa a ser produzida, que colocado na elaboração dos mesmos imediatamente antes ou durante sua produção, em quantidades pequenas e bem homogêneo, faz aparecer ou reforça certas características, o que em outras palavras significa dizer que introduz qualidades e evita os defeitos, porém não garante que não acarrete outras falhas (BAUER et al., 2015).

Os procedimentos de impermeabilização são classificados de acordo com o seu comportamento e forma de aplicação. Uma das maneiras de se impermeabilizar argamassas pode ser a inserção de aditivos de ação hidrofugante nas misturas. (NAKAMURA, 2006).

Segundo Casali (2006, p. 2) afirma que “os aditivos hidrofugantes têm a função de reduzir a taxa de penetração de água por absorção capilar, porém não previnem a penetração de água”.

O aditivo analisado trata-se de um composto químico da linha dos silano e siloxanos, que será denominado neste trabalho pela sigla ASS, entre outros aditivos.

O objetivo deste trabalho é analisar a influência da inserção de distintos percentuais do aditivo ASS nas propriedades físicas e mecânicas em argamassa de revestimento e compará-lo

com traços sem cal, com cal e com outro aditivo composto de resina natural (ARN) de Pinus Eliotti. Para tal, verifica-se a influência destas adições na resistência à tração na flexão, na resistência à compressão, no módulo de elasticidade e na absorção de água por capilaridade, além da análise microestrutural realizada através da microscopia eletrônica de varredura (MEV).

## Material e métodos

A metodologia deste trabalho segue algumas etapas principais e, estas, encontram-se no fluxograma apresentado na Figura 1.

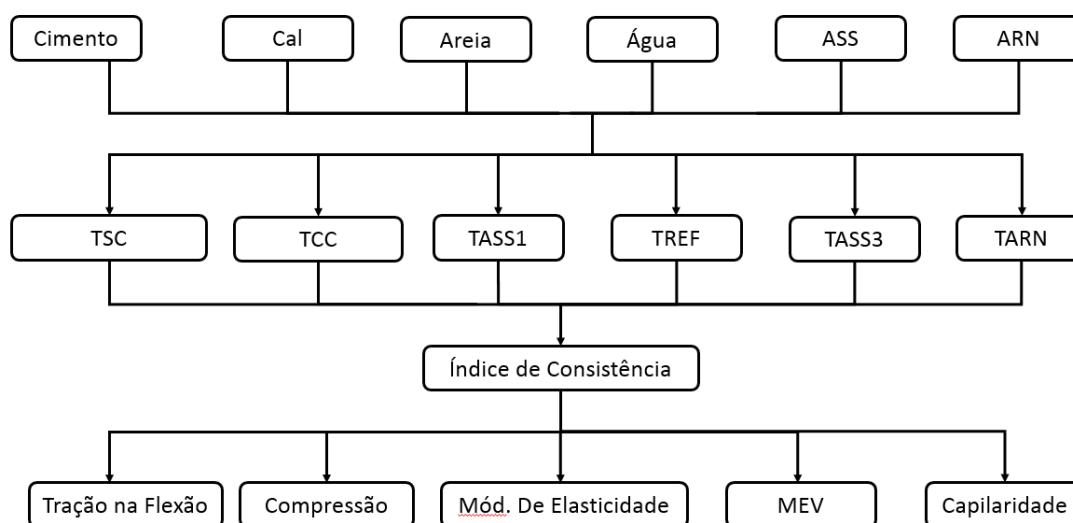


Figura 1. Fluxograma das etapas do trabalho.

A primeira etapa consiste na especificação e caracterização dos materiais a serem utilizados, sendo eles: o cimento, a areia, a cal hidratada, a água, o ASS e o ARN. A Tabela 1 apresenta a nomenclatura adotada nas misturas.

O percentual de aditivo utilizado no TREF e no TARN seguem as especificações dos respectivos fabricantes.

Tabela 1. Nomenclatura adotada

| COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS   | SIGLA |
|---|-------|
| Cimento, areia e água   | TSC   |
| Cimento, areia, cal e água                                      | TCC   |
| Cimento, areia, cal, aditivo ASS 33,5% abaixo do T – REF e água | TASS1 |
| Cimento, areia, cal, aditivo ASS e água                         | TREF  |
| Cimento, areia, cal, aditivo ASS 33,5% acima do T – REF e água  | TASS3 |
| Cimento, areia, aditivo ARN e água                              | TARN  |

A segunda etapa refere-se à definição do traço e consistência da argamassa. Para tal determinou-se a relação  $a/c$  (água/cimento) para todos os traços. Na sequência definiu-se os percentuais dos aditivos para o TASS1 e para o TASS3, sendo que deveriam, respectivamente, ser inferior e superior ao percentual especificado pelo fabricante. Após, foram realizados os ensaios de resistências à tração na flexão e à compressão, módulo de elasticidade, absorção de água por capilaridade e microscopia eletrônica de varredura (MEV). E, por fim, foram realizadas as análises dos resultados e, essas, com o auxílio da análise estatística, análise de variância (ANOVA) e pelo teste de comparação de médias (Teste de Tukey). Já, outros possíveis resultados, foram interpretados de forma comparativa ou qualitativa.

O cimento adotado nas misturas foi o cimento Portland CPIV – 32, que possui massa específica de  $2.770 \text{ kg m}^{-3}$  e fornece uma resistência de 32 Mpa aos 28 dias, conforme especificação do fabricante. A norma de ensaio do cimento segundo a ABNT é a NBR 7215:1996 – Determinação da Resistência a Compressão. Este cimento é bastante indicado para utilização em obras que podem ser executadas em ambientes agressivos como esgotos, fundações e água marinha.

A areia utilizada no preparo da argamassa é de origem natural e sua caracterização da granulometria foi realizada de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003 e os resultados podem ser observados na Tabela 2.

A cal é constituída basicamente de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio, carbonato de cálcio e óxido de cálcio. Possui uma densidade de  $2.340 \text{ Kg m}^{-3}$ , cor branca e seu aspecto físico é sólido. Algumas das suas finalidades na mistura é aumentar a trabalhabilidade, incorporação de ar, obter maior plasticidade, entre outros.

Tabela 2. Composição granulométrica da areia lavada média. (Fonte: Iparque – UNESC, 2017)

| ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO |                   |                  |                            |                  |                      |  |
|--|-------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------|--|
| Abertura das Peneiras (mm)               | Massa retida (gr) | Massa Retida (%) | Massa Retida Acumulada (%) | Módulo de Finura | Dimensão Máxima (mm) | Massa Específica (Kg m <sup>-3</sup> ) |
| 4,8                                      | 0,0               | 0,0              | 0,0                        | 2,36             | 2,40                 | 2.650                                  |
| 2,4                                      | 0,7               | 0,1              | 0,1                        |                  |                      |  |
| 1,2                                      | 36,0              | 7,2              | 7,3                        |                  |                      |  |
| 0,6                                      | 210,9             | 42,2             | 49,6                       |                  |                      |  |
| 0,3                                      | 156,9             | 31,4             | 81                         |                  |                      |  |
| 0,15                                     | 86,7              | 17,3             | 98,3                       |                  |                      |  |
| 0,075                                    | 0,0               | 0,0              | 98,3                       |                  |                      |  |
| Fundo                                    | 8,4               | 1,7              | 100,0                      |                  |                      |  |
| Total                                    | 499,55            |                  |                            |                  |                      |  |

A água utilizada segue as diretrizes da ABNT NBR 15900:2009, para amassamento do concreto.

O aditivo ASS é fabricado na região sul de Santa Catarina e possui como principal função, conforme prescrição do fabricante, conferir maior impermeabilização das argamassas. É composto por uma base química de silanos e siloxanos, sendo que o primeiro trata-se de um hidro-repelente de pequena estrutura molecular, enquanto o segundo um hidro-repelente incolor. Ambos possuem uma estrutura molecular relativamente grande, no entanto em relação aos silanos, os siloxanos adentram eficientemente nos substratos e estabelecem uma condição de hidro repelência (MEDEIROS et al, 2006). O fabricante recomenda para a preparação da argamassa a utilização de cal na mistura. Algumas características físicas e químicas do ativo ASS são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Características técnicas do ASS (Fonte: Do Fabricante, 2017)

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Aspecto físico</b>    | Líquido   |
| <b>Cor</b>               | Incolor   |
| <b>Solubilidade</b>      | Insolúvel em água   |
| <b>Composição Básica</b> | Polímero concentrado, composto de silanos, siloxanos e outros |

O aditivo ARN, conforme especificações repassadas pelo fabricante, trata-se de um aditivo que tem a capacidade de impermeabilizar a argamassa e, ainda, aumentar a sua plasticidade devido a formação de microscópicas bolhas de ar em seu interior, sem

comprometer a resistência. É composto basicamente de resina natural de Pinus Eliotti e não é necessário a utilização de cal na sua mistura.

O traço da argamassa padrão a ser utilizado no estudo foi o de 1:6 (cimento e areia). Definiu-se este traço, por este ser um traço usual em revestimento argamassado, conforme Barros (2010), Cincotto et al (2005) e Nakamura (2006). A argamassa foi produzida de acordo com a ABNT NBR 16541:2016. A relação a/c foi definida a partir do índice de consistência  $260 \pm 5$  mm de acordo com a ABNT NBR 13276:2016. As misturas foram realizadas em argamassadeira para melhor homogeneização dos componentes e o teste de consistência pelo método Flow Table. Com a realização do ensaio Flow Table, obteve-se a relação a/c para cada traço.

A Tabela 4 apresenta os traços unitários com suas respectivas relações de a/c (água/cimento) e a/a (água/aglomerante).

Tabela 4: Quantitativo de materiais

| Traço | Cimento Portland<br>CPIV- 32 (kg) | Cal<br>Hidratada<br>(kg) | Areia<br>Média<br>(kg) | Relação<br>a/c | Relação<br>a/a | Aditivo<br>(gr) |
|-------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| TSC   | 1,00                              | 0,00                     | 6,00                   | 0,82           | 0,82           | 0,00            |
| TCC   | 1,00                              | 1,00                     | 6,00                   | 1,15           | 0,58           | 0,00            |
| TASS1 | 1,00                              | 1,00                     | 6,00                   | 1,12           | 0,56           | 1,33            |
| TREF  | 1,00                              | 1,00                     | 6,00                   | 1,10           | 0,55           | 2,00            |
| TASS3 | 1,00                              | 1,00                     | 6,00                   | 1,09           | 0,54           | 2,67            |
| TARN  | 1,00                              | 0,00                     | 6,00                   | 0,61           | 0,61           | 9,60            |

Em seguida foram moldados 60 corpos de prova, destes, 36 prismáticos para a realização dos ensaios de resistência à tração na flexão, resistência à compressão, e absorção de água por capilaridade. Os outros 24 corpos de prova foram cilíndricos e foram moldados para os ensaios do módulo de elasticidade e microscopia eletrônica de varredura.

A cura dos corpos de prova foi em temperatura ambiente de laboratório e perdurou por 28 dias, posteriormente efetuaram-se os ensaios.

Os ensaios de resistências à tração na flexão e a compressão foram realizados de acordo com a ABNT NBR 13279:2005. Para os ensaios foram moldados de 3 corpos de prova prismáticos com dimensão de 4 x 4 x 16 cm.

Para a resistência de tração na flexão o dispositivo aplicou uma carga contínua de  $50 \pm 10 \text{ N s}^{-1}$ , e para a resistência à compressão esta carga foi de  $500 \pm 50 \text{ N s}^{-1}$  de forma contínua até a ruptura dos corpos de prova.

O ensaio do módulo de elasticidade foi realizado de acordo com a ABNT NBR 8522:2017, que se trata de um ensaio para concreto, portanto, fez-se necessárias algumas adaptações para argamassa no que se refere ao tamanho dos corpos de prova. Foram aplicados ciclos de carregamento de acordo com a carga de ruptura dos mesmos. Os corpos de prova mediam 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. O módulo de elasticidade foi determinado conforme Eq.1.

$$E_{ci} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} 10^{-3} = \frac{\sigma_b - \sigma_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} 10^{-3} \quad (1)$$

em que:

$E_{ci}$  = módulo de elasticidade;

$\sigma_b$  = é a tensão maior, em MPa ( $\sigma_b = 0,3f_c$ );

$\sigma_a$  = é a tensão básica, em MPa ( $\sigma_a = 0,5 \text{ MPa}$ );

$\varepsilon_b$  = é a deformação específica média dos corpos de prova ensaiados sob a tensão maior;

$\varepsilon_a$  = é a deformação específica média dos corpos de prova ensaiados sob a tensão básica.

Com o microscópio eletrônico de varredura ZEISS, modelo EVO MA 10, produziu-se imagens de alta resolução da superfície da amostra. As amostras foram retiradas dos corpos de prova cilíndricos executados para esta análise. O objetivo de visualizar microscopicamente as amostras foi verificar a porosidade das argamassas dos distintos traços.

A ABNT NBR 15259:2005 determina para este ensaio a utilização de 3 corpos de prova prismáticos possuindo dimensões de 4 x 4 x 16 cm. Após a cura, os corpos de prova foram pesados para determinação da sua massa inicial ( $m_0$ ) em gramas, e em seguida foram colocados com a face quadrada sobre a lamina d'água para que caso haja a percolação de água por capilaridade sejam novamente pesados os corpos de prova e obtenha-se a diferença. A absorção

calculada é expressa em  $\text{g cm}^{-2}$ . A equação para esse cálculo é a razão da variação de massa pela área da seção transversal do corpo em contato com a água, conforme a Eq.2.

$$A_t = \frac{m_t - m_0}{16} \quad (2)$$

em que:

$A_t$  = absorção de água por capilaridade, para cada tempo, em  $\text{gr cm}^{-2}$ ;

$m_t$  = massa do corpo de prova em cada tempo, em gramas;

$m_0$  = massa inicial do corpo de prova, em gramas;

$t$  = corresponde aos tempos, em minutos;

16 é a área do corpo de prova, em  $\text{cm}^2$ .

## Resultados e discussões

Conforme os resultados obtidos pelo ensaio de índice de consistência, observa-se que todas as misturas em relação ao aditivo ARN necessitaram de um acréscimo na relação a/c para manter-se a consistência especificada pela ABNT NBR 13276:2016. A relação a/c foi realizada para cada traço e o TARN teve a relação a/c de 0,61, sendo a mais baixa entre as misturas, enquanto o TCC teve sua relação a/c de 1,15, sendo este o maior valor. A Tabela 5 demonstra as médias obtidas do espalhamento que deve ser de  $260 \pm 5$  mm.

De acordo com Silva e Campiteli (2006), a relação a/c na mistura da argamassa é de fundamental importância para a determinação da sua resistência final, o que também influencia, juntamente com o grau de adensamento, o volume de vazios que a mistura terá.

Os dois traços, TSC e TARN, que requereram menor quantidade de água foram os traços que possuem menores quantidades de massa de materiais secos, ou seja, são os traços ao qual não existe cal na composição. Portanto, existe uma menor quantidade de grãos a serem “lubrificadas” pela água para obter-se a trabalhabilidade especificada. Além do que, a cal,

componente presente nos outros traços, trata-se de um pó fino e, como sabe-se, quanto mais fino, maior a superfície específica e, por conseguinte, maior necessidade de água.

Tabela 5. Espalhamento do índice de consistência

| Traço | Flow Table (mm) | Relação a/c |
|-------|-----------------|-------------|
| TSC   | 262,33 ± 1,53   | 0,82        |
| TCC   | 257,67 ± 4,16   | 1,15        |
| TASS1 | 258,00 ± 1,00   | 1,12        |
| TREF  | 260,33 ± 2,08   | 1,10        |
| TASS3 | 257,00 ± 3,61   | 1,09        |
| TARN  | 260,00 ± 2,00   | 0,61        |

Outro ponto a ser mencionado é que o aditivo ARN, conforme repassado pelo fabricante, trata-se de um aditivo impermeabilizante com características plastificantes. Logo, o aditivo ARN, realmente se mostrou plastificante, tendo em vista que dentre os dois traços, TSC e TARN, com mesma quantidade de materiais secos, o traço com inserção do ARN requereu menor quantidade de água para uma plasticidade dentro das especificações.

Para todos os ensaios mecânicos e físicos realizou-se um estudo dos resultados através da análise ANOVA.

Os valores obtidos nos ensaios de resistência à tração na flexão e resistência à compressão são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Resistências à tração na flexão e à compressão

| Traço | Tração na Flexão (Mpa) | Compressão (MPa) |
|-------|------------------------|------------------|
| TSC   | 3,23 ± 0,20            | 10,34 ± 0,27     |
| TCC   | 2,68 ± 0,15            | 10,37 ± 0,50     |
| TASS1 | 3,78 ± 0,35            | 8,17 ± 0,61      |
| TREF  | 4,16 ± 1,12            | 10,11 ± 0,86     |
| TASS3 | 3,39 ± 0,15            | 10,08 ± 1,41     |
| TARN  | 3,12 ± 0,27            | 7,88 ± 0,31      |

De acordo com a ANOVA os resultados do ensaio de resistência à compressão podem ser considerados com 95% de confiança, diferentes entre si. Portanto, foi necessário realizar o

teste de Tukey para verificar-se quais traços são diferentes entre si. Conforme analisado no teste de Tukey, pode-se concluir que os traços TSC, TCC, TREF e TASS3 são considerados iguais para a resistência à compressão, enquanto os traços TASS1 e TARN são diferentes, ou seja, foram influenciados pela inserção dos distintos aditivos. Um fator que interfere diretamente na resistência é a relação  $a/c$ , conforme Metha e Monteiro (2006), quanto maior a relação  $a/c$ , menor a resistência do material cimentício. No entanto, o traço TARN, foi o que apresentou menor relação  $a/c$  (0,61) e, contrariando o esperado, apresentou menor resistência. Acredita-se que essa diminuição ocorreu devido a quantidade de vazios ocasionadas pelas microbolhas de ar que se formaram no interior do compósito. Segundo o fabricante do ARN, essas microbolhas de ar, formam-se com o intuito de melhorar a plasticidade da argamassa e, assim, diminuir a necessidade de água, fato que realmente ocorreu. No entanto, pressupõe-se que devido ao grande número de bolhas desenvolvidas, houve um decréscimo da resistência. A Figura 2 apresenta os valores obtidos no ensaio de resistência à compressão.

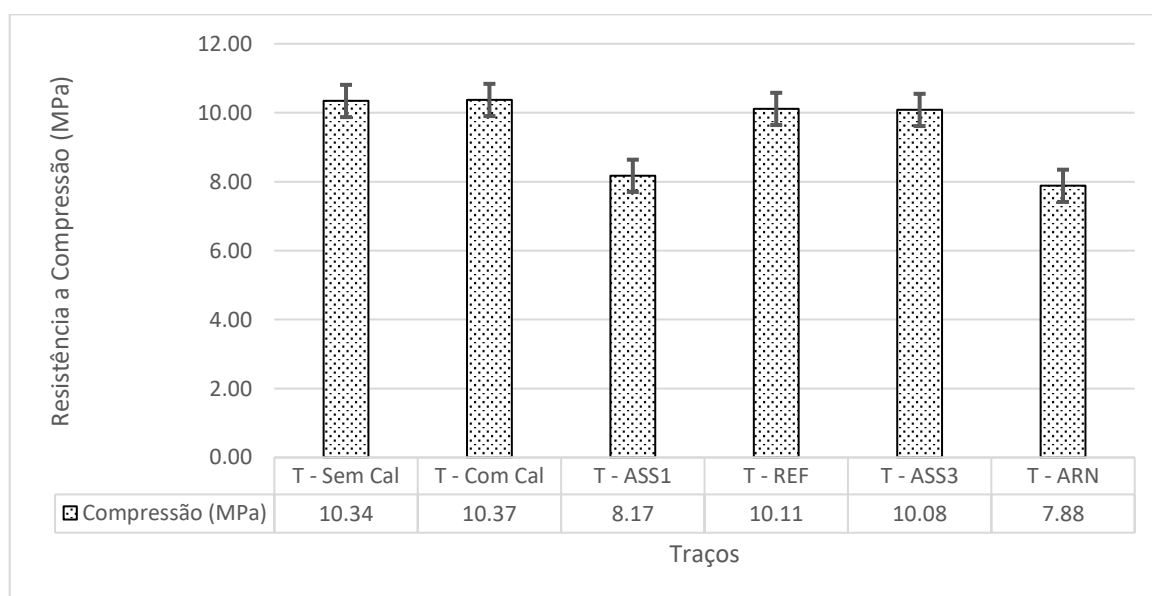


Figura 2 – Resistência à Compressão

Presume-se que a menor resistência à compressão do traço TASS1, em relação aos outros traços com incorporação do ASS, deve-se à relação  $a/c$ , pois foi o traço que necessitou

de maior quantidade de água. A mesma explicação, relação a/c, pode ser mencionada como responsável da menor resistência do TASS1, quando comparada com o TSC. O traço TSC possui uma relação a/c (0,82) menor que o TASS1 (1,12) e, portanto, pode ser o motivo da menor resistência do segundo perante o primeiro. Já, quando se compara o TASS1 com o TCC, ambos com relação a/c bastante similar, presume-se que o TCC tenha maior resistência por ter maior quantidade de materiais em seu traço (possui cal) e, conseqüentemente, maior massa específica do compósito. A Figura 3 apresenta os resultados de tração na flexão.

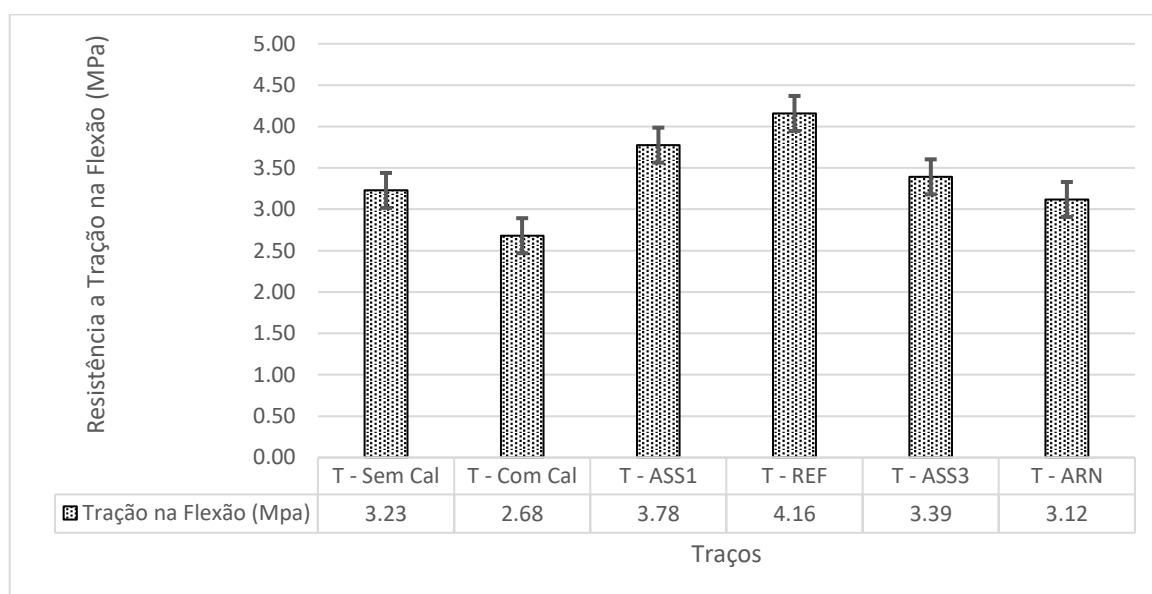


Figura 3: Resistência à Tração na Flexão

Conforme ANOVA, os resultados para o ensaio de resistência à tração na flexão demonstraram que não existe diferença estatística entre os traços, ou seja, as incorporações, ou não, dos aditivos impermeabilizantes não influenciou nesta resistência.

De acordo com a ANOVA, os resultados do módulo de elasticidade podem ser considerados, com 95% de confiança, diferentes entre si. Portanto, foi necessário realizar o teste de Tukey para verificar-se quais traços são diferentes entre si. Novamente, o traço ARN, mostrou-se diferente perante os demais, com um módulo de elasticidade superior.

Existem alguns fatores que, segundo (Santos et al. 2006) afetam diretamente o módulo de elasticidade, na argamassa a relação direta entre resistência e módulo de elasticidade advém

do fato de que ambos são afetados pela porosidade das fases constituintes, porém não no mesmo grau. A porosidade do agregado determina a sua rigidez, que por sua vez, controla a capacidade do agregado de restringir a deformação. Agregados densos possuem um módulo de elasticidade alto.

Admitindo-se uma variação no fator água/cimento e mantendo a consistência constante, ocorrerá variação no teor de agregados, logo quanto menor a relação água/cimento maior será o módulo de elasticidade. Foi o que ocorreu com o traço TARN, que teve a menor relação a/c, com isso seus poros são microscópicos e incomunicáveis, porosidade fechada, e em decorrência, obteve um módulo de elasticidade maior que os outros traços.

Observa-se uma diminuição do módulo de elasticidade nos traços que usaram o aditivo ASS, a explicação para tal fato pode ser a relação a/c. Segundo Helene e Neto (2002), o aumento do teor de agregados tem seu efeito positivo prejudicado pelo aumento do fator a/c para manter um abatimento constante, o que resultará uma pasta de cimento mais fraca, diminuindo o módulo. Essa relação do módulo de elasticidade é expressa na Figura 4.

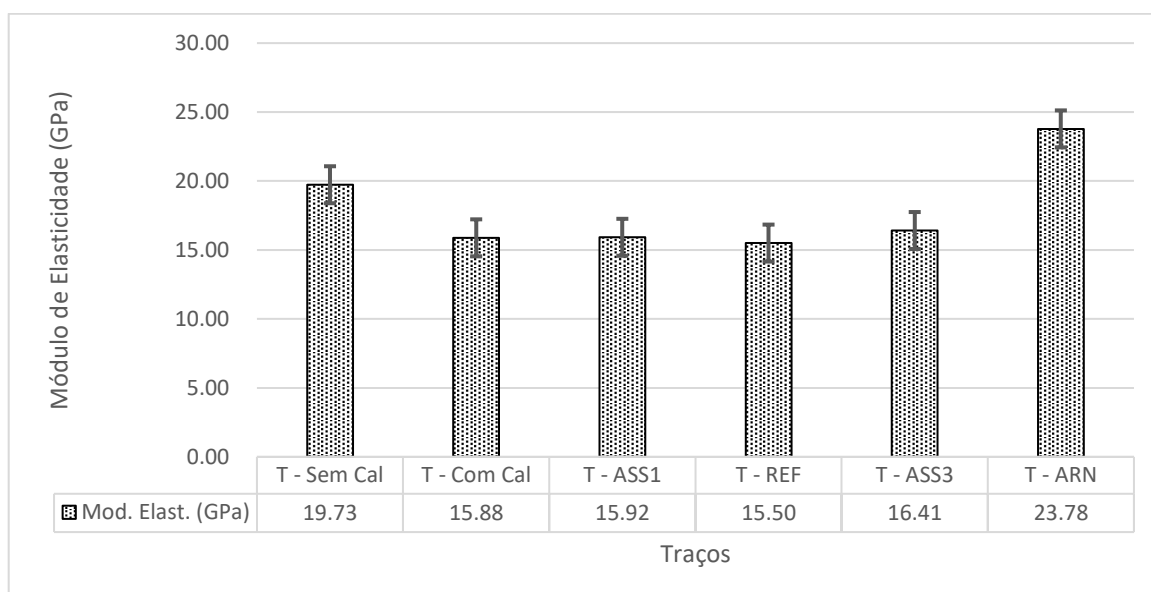


Figura 4: Módulo de Elasticidade

Os resultados da ANOVA confirmam que para a absorção de água por capilaridade os traços obtiveram resultados de não semelhança. Após esta análise, verificou-se através do teste de Tukey quais os traços podem ser considerados diferentes entre si. Com base nos resultados pode-se afirmar que o TARN é o traço que se diferencia dos demais e, neste caso, positivamente pois apresentou menor absorção por capilaridade. Os valores para os testes de absorção de água, nos tempos de 10 e 90 min, comprovam o melhor desempenho para o traço TARN. A Tabela 7 apresenta os valores obtidos em todos os traços no ensaio para os tempos de 10 e 90 min.

Tabela 7: Absorção de água por capilaridade

| Traço | At (10min)  | At (90min)  |
|-------|-------------|-------------|
| TSC   | 0,27 ± 0,03 | 0,61 ± 0,05 |
| TCC   | 0,27 ± 0,06 | 0,58 ± 0,11 |
| TASS1 | 0,21 ± 0,04 | 0,52 ± 0,09 |
| TREF  | 0,20 ± 0,02 | 0,47 ± 0,05 |
| TASS3 | 0,21 ± 0,01 | 0,48 ± 0,04 |
| TARN  | 0,06 ± 0,01 | 0,11 ± 0,02 |

O TARN teve a menor absorção tal fato, presume-se, devido ao ARN formar microbolhas de ar na argamassa, no entanto, microbolhas que não se comunicam entre si. Segundo, Rato (2006) existem dois tipos de porosidade, uma é a porosidade aberta, onde os poros comunicam-se entre si, formando uma rede contínua, o que facilita a absorção de fluídos, e outra, é a porosidade fechada, onde os poros estão isolados no interior da estrutura, o que dificulta o transporte de fluídos no interior da estrutura. Ainda, conforme o mesmo autor, o valor da porosidade de uma argamassa depende da quantidade e da dimensão dos poros, entretanto, argamassas com mesma porosidade não implicam em comportamentos iguais, pois se as dimensões dos poros são distintas, logo a estrutura interna do material não pode ser caracterizada pela porosidade do mesmo. A Figura 5 apresenta os valores obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade.

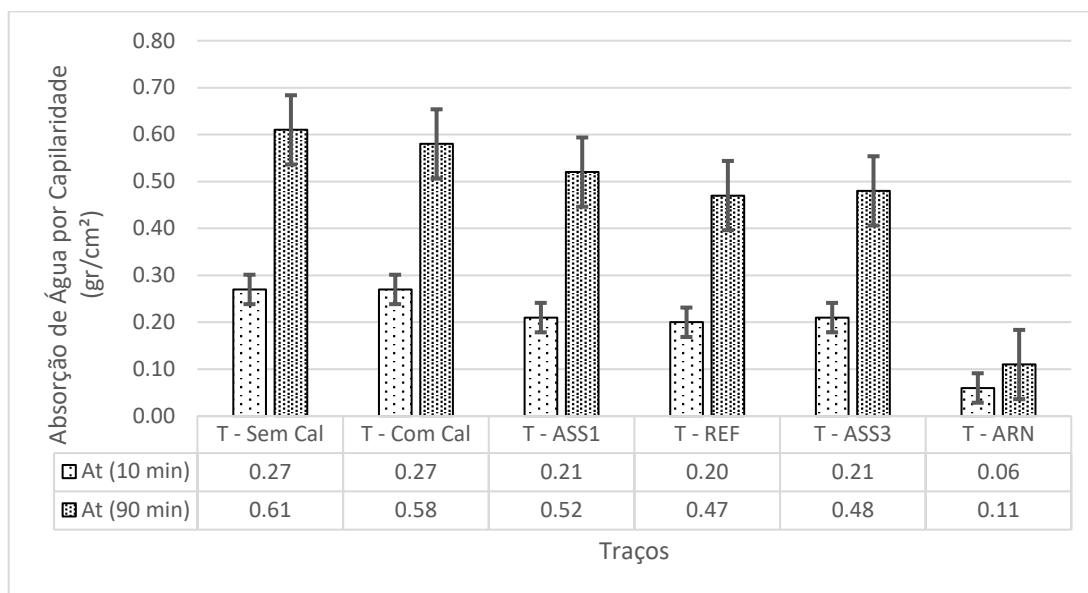


Figura 5: Absorção de água por capilaridade

Com base na análise ANOVA e no teste Tukey pode-se concluir que a inserção do aditivo ASS nas argamassas não proporcionou diferença significativa em relação aos traços TSC e TCC no quesito absorção de água. Portanto, o aditivo ASS não se mostrou eficaz quanto a sua absorção.

As ampliações, em torno de 1000 vezes, possibilitam melhor análise dos poros. Pode-se observar pelas imagens que o TARN, conforme já citado, tem sua estrutura interna composta por microbolhas de ar, no entanto, são microbolhas que não se comunicam e, portanto, caracterizam uma porosidade fechada. Tal fato, foi refletido nos ensaios de absorção de água por capilaridade e resistência à compressão, pois, mesmo possuindo determinados número de vazios, microbolhas de ar, obteve-se menor absorção. E, devido ao grande número de vazios, por menores que estes poros sejam, eles ocasionaram uma diminuição da resistência à compressão da argamassa. As imagens obtidas pelo MEV podem ser observadas na Figura 6.

Como a análise microscópica foi realizada na superfície da amostra, pode-se indicar pelos resultados de absorção de água por capilaridade que os traços contendo o aditivo ASS e os traços com e sem a cal, possuem a porosidade aberta, com ramificação no seu interior.

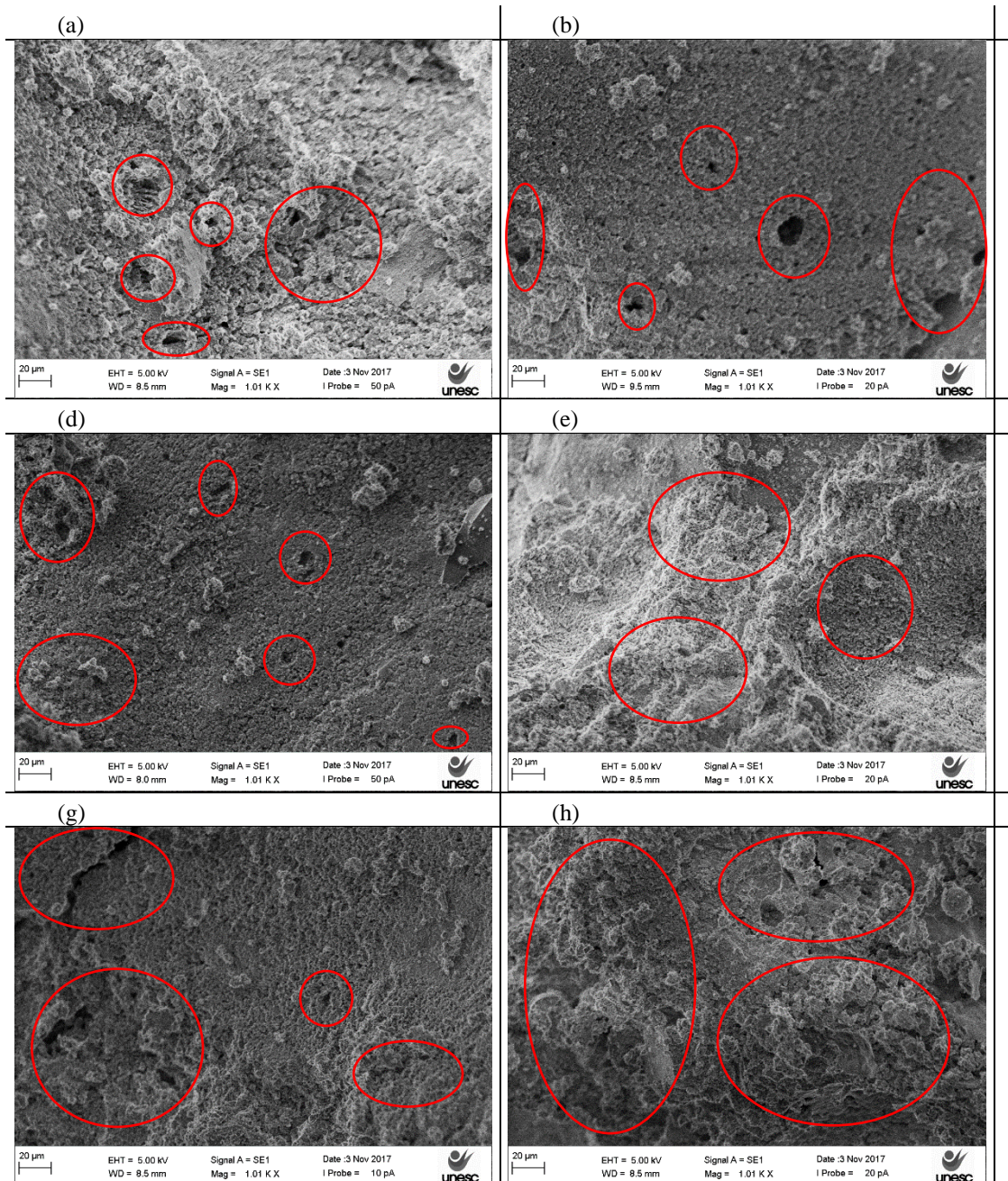


Figura 6: Imagens obtidas no MEV: (a) TSC, (b) TREF, (c) TCC, (d) TASS3, (e) TASS1, (f) TARN

## Conclusões e referências bibliográficas

A adição do aditivo ASS nas argamassas no estado fresco alterou a relação água/cimento que deve ser adicionada a mistura. Este ponto se torna importante, pois esta relação está



diretamente ligada a resistência da argamassa e conseqüentemente a qualidade e durabilidade do revestimento argamassado.

Pode-se concluir que os traços TSC, TCC, TREF e TASS3 são considerados iguais para a resistência a compressão, enquanto os traços TASS1 e TARN são diferentes, ou seja, foram influenciados pela inserção dos distintos aditivos. Neste caso, tiveram sua resistência à compressão minimizada em relação aos demais traços.

Os resultados para o ensaio de resistência à tração na flexão demonstraram que não existe diferença estatística entre os traços, ou seja, as incorporações, ou não, dos aditivos impermeabilizantes não influenciou nesta resistência. O traço ARN, mostrou-se superior perante os demais, em relação ao módulo de elasticidade.

O ensaio de absorção de água por capilaridade que é o ponto principal do estudo, mostrou que o aditivo ARN apresentou resultados mais positivos, sendo este 233,33% aos 10 min e 327,27% aos 90 min mais eficaz que o TREF. Tal informação se confirmou nas imagens do MEV, onde se visualiza uma série de pequenas microbolhas de ar na amostra ARN.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Argamassa para Assentamento de Paredes e Tetos: Preparo da mistura e Determinação do Índice de Consistência:** NBR 13276. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia:** NBR 13529. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão:** NBR 7215. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Água para amassamento do concreto:** NBR 15900. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios:** NBR 16541. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão:** NBR 13279. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão:** NBR 8522. Rio de Janeiro, 2017.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade:** NBR 15259. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE:** NBR 15575-4. Rio de Janeiro, 2013.

BARROS, M.M.S.B.; RIBEIRO, F.A. **Juntas de Movimentação em revestimentos cerâmicos de fachada.** São Paulo, PINI, 2010.

BAUER, E. et al. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. **Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento.** Porto Alegre, RS, 2015.

CASALI, J. M. **Avaliação do Desempenho de Aditivos Hidrofugantes e Impermeabilizantes Empregados em Argamassas de Assentamento para Alvenaria Estrutural.** Florianópolis, 2006.

CINCOTTO, A. M.; QUARCIONI, A. V. **Influência da cal em propriedades mecânicas de argamassas.** São Paulo, 2005.

FICHA Técnica: **Imper Massa.** Santa Catarina, 2017.

FICHA Técnica: **Veda Reboco – Construindo um Brasil com mais qualidade e economia.** Disponível em: <http://www.queveks.com.br/produto/veda-reboco-14>:. Acesso em: maio 2017

MEDEIROS, M. H. F.; GOMES, T. S.; HELENE, P. **Hidrofugantes de superfície: Estudo da capacidade de barrar o ingresso de água no concreto.** São Paulo, 2006.

METHA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 3º edição, Ed Ibracon. 2006.

NAKAMURA, J. **Rígida e Estanque.** Técnica, São Paulo, n. 115, out. 2006.

NETO, A; HELENE, P. R. **Módulo de Elasticidade: Dosagem e Avaliação de Modelos de Previsão do Módulo de Elasticidade do Concreto.** In: IBRACON 44º Congresso Brasileiro do Concreto.

QUERUZ, F. **Contribuição para a identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga.** Santa Maria: UFSM, 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

RAMOS, Ana L.F. et al. XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. **Desempenho de Aditivos Impermeabilizante e Hidrofugante Empregados no Sistema de Revestimento em Argamassa.** São Paulo, 2017.

RATO, V. Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas. **Dissertação de mestrado,** Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2006.

SANTOS, M. A. et al. 55º Congresso Brasileiro do Concreto. **Análise do módulo de elasticidade estático e dinâmico para diferentes dosagens de concreto.** Rio Grande do Sul, 2013.



SILVA, G. N.; CAMPITELI, C. V. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Influência dos finos e da cal nas propriedades das argamassas**. Florianópolis, 2006.

THOMAZ, E. et al. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de Edificações Habitacionais**. Brasília, 2013.