

Desenvolvimento de argamassa de revestimento com incorporação de filito pelo método de projeção mecanizada

(Development of a coating mortar with filite incorporation by mechanized sprayed system)

A. L. C. Paes¹; J. Alexandre¹; A. R. G. Azevedo²; T. E. S. Lima¹; V. D. Pinheiro¹; A. A. Siqueira¹; L. C. G. Botelho¹; G. B. Guarçoni¹; E.B. Zanelato¹; M.T. Marvila¹.

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Avenida Alberto Lamego, nº 2000, Parque California, Campos dos Goytacazes – RJ.

²Universidade Federal Fluminense – UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente. Rua Passo da Pátria, 156 – Bloco D (Escola de Engenharia), São Domingos, Niterói, RJ.

alcpaes@gmail.com; jonasuenf@gmail.com; afonso.garcez91@gmail.com;
thuanylima.es@gmail.com; valber.pinheiro@hotmail.com; arenariandreia@gmail.com;
larissa.granato@gmail.com; giovannibruzzi@hotmail.com; ebzanelato@gmail.com;
markssuel@hotmail.com

Resumo

Argamassas para revestimento são materiais amplamente utilizados em construções. Para cumprir sua função, as principais propriedades desejadas são aderência ao substrato e trabalhabilidade. Com o intuito de diminuir custo e tempo de execução, uma alternativa é o método de projeção, sistema caracterizado pelo lançamento mecanizado da argamassa sobre o substrato. Para reduzir ainda mais o custo, algumas empresas optam por substituir totalmente a cal. Toma-se como referência uma construtora da região de Campos dos Goytacazes/RJ, que emprega o sistema de projeção com filito. O objetivo deste trabalho foi buscar alternativas ao problema de fissuras apresentado pelo revestimento após a secagem, propondo um novo traço, utilizando filito. Foram realizados ensaios no estado fresco e endurecido. Devido a ausência de normas próprias para argamassas jateadas, elas foram confeccionadas de acordo com as normas existentes, e feita uma comparação com uma argamassa convencional. Os resultados mostraram que o material projetado tem uma maior eficiência executiva, entretanto quando o filito foi incorporado a argamassa, as resistências diminuíram. Quanto as fissuras, apenas diminuindo a relação a/c, foi possível diminuir a presença dessas, indicando que as mesmas estão sendo causadas pela retração por secagem.

Palavras chave: Argamassa de revestimento, Filito, Argamassa projetada, Fissuras.

Abstract

Mortars for covering walls are widely used materials at constructions. To fulfill its function, the main desired properties are substrate adhesion and workability. In order to reduce cost and time of execution, one alternative is blast method, system characterized by mortars mechanized sprayed on the substrate. To reduce cost even more, some enterprises opt to replace completely the lime. It is taken as reference a construction company of Campos dos Goytacazes's region, which uses the projection system with filite, replacing completely the lime. This article's aim is looking for alternatives of cracks problem presented by coatings after drying, proposing a new trace, using filite. Were performed tests at fresh and hardened state. Due to the absence of standards for the projected mortars, they were made according to the existing NBRs, and was made a comparison with conventional mortar. The results showed that the projected material had a better executive efficiency, however, when the filite was

incorporated, the resistances decreased. For the fissures, only decreasing the a/c ratio, it was possible to decrease these presence, which indicates that cracks are caused by drying shrinkage.

Keywords: Coating mortar, Filite, Sprayed mortar, Cracks.

INTRODUÇÃO

As primeiras argamassas fabricadas eram uma mistura de solos argilosos e materiais provenientes de rochas calcárias [1]. Esse material é definido com uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes (cal hidratada ou cimento Portland), podendo conter aditivos ou adições químicas [2].

Devido ao declínio consecutivo no setor da construção nos anos de 2017 e 2018 [3,4], este sempre busca melhorar ou desenvolver novas técnicas e materiais para impulsionar seu crescimento, visando diminuir custos e acelerar processos construtivos. Uma maneira de atingir esse objetivo é utilizando o método de projeção, caracterizado pelo lançamento mecanizado da argamassa sobre o substrato, conferindo maior produtividade na aplicação quando comparado ao convencional, baixo desperdício de material e baixo impacto ambiental, pelo fato de gerar menos resíduo, conseqüentemente, levando a uma obra mais limpa. A comparação deste método com o tradicional mostra sua eficiência: enquanto um profissional leva um dia para aplicar manualmente o revestimento em uma superfície de 14 m², com o sistema racionalizado ele cobre no mesmo período, uma área de 29 m² [5].

Dois projetores são mais utilizados no país: com recipiente acoplado e bomba de argamassa, como mostrados na Figura 1 e Figura 2, respectivamente.



Figura 1: Bomba de projeção.



Figura 2: Recipiente acoplado.

Com esse pensamento de rapidez de execução e redução de custos, uma construtora da região de Campos dos Goytacazes-RJ implementou o sistema de projeção mecanizada por meio de bombas de argamassas pelo processo de via úmida, uma vez que este é mais moderno e garante maior homogeneização. Ainda optou por substituir totalmente a cal hidratada por

filito, um mineral abundante na crosta terrestre, que quando finamente moído confere às argamassas características similares às aquelas obtidas com o uso da cal no estado fresco [6].

Para que seja possível a projeção no substrato, algumas características no estado reológico devem ser distintas da argamassa de aplicação convencional, principalmente a trabalhabilidade. O ensaio de consistência é muito usado para determinar essa propriedade e seu índice, para argamassas de aplicação convencional, é limitado pela NBR 13276 (2016) em 260 ± 5 mm [7]. Contudo, esse limite resulta em um material pouco fluido, dificultando ou tornando o processo de projeção inviável, por isso esse valor foi desconsiderado nesse artigo.

Para aumentar a trabalhabilidade de uma maneira simples é acrescida água a mistura. Entretanto essa ação gera consequências como a diminuição da resistência, aumento da porosidade e maior aparecimento de fissuras devido à retração por secagem. É importante ressaltar que as fissuras são portas de entrada para outras patologias, como a proliferação de fungos e bolores, que ao longo do tempo são responsáveis por manchas, perda de coesão e desagregação do revestimento [8].

Ainda referente à obra executada, destaca-se que o empreendimento possui em torno de 500 apartamentos, onde o aparecimento de fissuras após a secagem do revestimento foi um problema generalizado no local. Dessa forma, esta pesquisa tem como objetivo buscar soluções para mitigar o aparecimento de fissuras devido a retração, sem que haja mudança na trabalhabilidade da argamassa. Além disso, foram feitos alguns ensaios físicos para comparar as argamassas convencionais de cal e aquelas com o filito.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais empregados na confecção das argamassas foram: cimento Portland CP-III 40-RS, cal hidratada CH-III, areia natural do rio Paraíba do Sul, filito da marca Extrafilito e água da rede de abastecimento pública do Município de Campos dos Goytacazes.

A areia empregada tanto nas argamassas desenvolvidas nesse trabalho quanto na obra de referência foi proveniente da região de Campos dos Goytacazes, para que os resultados obtidos fossem coerentes e de possível aplicabilidade em campo. Deste material, foi feita a caracterização granulométrica de acordo com a NM 248 (2003) [9], como mostra a Figura 3.

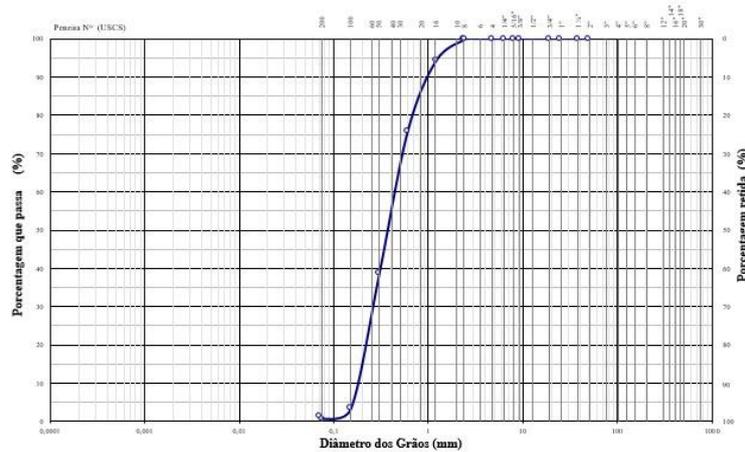


Figura 3: Granulometria da areia empregada em todas as argamassas.

O filito utilizado em substituição total da cal possui caracterização química e mineralógica fornecidas pelo fabricante, assim como a cal hidratada. Apesar de visivelmente sua granulometria ser superior à da cal, não houve nenhum peneiramento do filito antes do seu uso para que fosse mantida a coerência com o material empregado no canteiro de obras. Além disso, para alcançar a granulometria da cal, seu peneiramento seria inviável em campo.

Sabendo que para cada tipo de cimento existe uma faixa, representada em porcentagem, do quanto de adições esse material pode conter, é possível que o mesmo tipo de cimento, embora de lotes diferentes, tenha quantidades distintas de clínquer e adições. Por isso, foi estabelecido que o cimento usado na confecção das argamassas deveria ser sempre do mesmo lote para que essas diferenças não interferissem nos resultados laboratoriais.

Preparo da massa

As argamassas com o filito foram produzidas a partir do traço fornecido pela construtora, onde o índice de consistência foi de 310 mm. Desta maneira, esse valor foi fixado em 310 ± 5 mm, posto que o equipamento empregado para projeção da argamassa foi o mesmo usado na obra, e sabe-se que para cada máquina são exigidas diferentes características do revestimento em estado fresco.

Como houve a substituição total da cal pelo filito, foram confeccionadas três argamassas: uma argamassa de cal com traço convencionalmente usado de 1:1:6 (cimento:cal:areia) e consistência dentro dos limites da norma, denominada de C01, uma argamassa com filito com o mesmo traço obtido na obra em questão (F01), e uma outra com filito embora com uma menor quantidade de água (F02). O traço da argamassa com filito foi de 1:1,1:5,3 (cimento:filito:areia), de acordo com o que foi fornecido pela construtora. A quantidade de água empregada em cada argamassa é mostrada na Tabela I.

Tabela I: Quantidade de água (g) das misturas.

	<u>Água</u>
C01	480
F01	643
F02	600

A argamassa foi preparada de acordo com a NBR 13276 (2016) que orienta o preparo destas à base de cimento e cal hidratada com antecedência de 16 a 24 horas de utilização. Os constituintes, areia, cal hidratada e água, foram misturados durante 4 minutos no misturador de acordo com a dosagem e a mistura foi pesada após esse período. Após a maturação, o material foi pesado novamente e, caso necessário, a água perdida por evaporação deveria ser repostada. Feito isso, a quantidade de cimento é acrescentada, sendo realizada uma homogeneização durante 4 minutos em velocidade baixa [7].

Para argamassas a base de cimento com adição ou aditivos, os constituintes são misturados durante 90s em velocidade baixa. Passado esse tempo, a massa fica em repouso durante 15min, sendo homogeneizada em seguida durante 15s em velocidade lenta [7].

Confecção dos corpos de prova

Antes da produção dos corpos de provas, foi realizado no estado fresco ensaio de consistência. Posteriormente, foram confeccionados nove corpos de prova para cada argamassa produzida a fim de se obter algumas propriedades mecânicas desses materiais no estado endurecido como densidade de massa, resistência a compressão, tração na flexão e de aderência à tração. Para isso, os corpos de prova foram executados de acordo com a NBR 13279 (2005), em moldes prismáticos metálicos de 4x4x16 cm (Figura 4) [10].

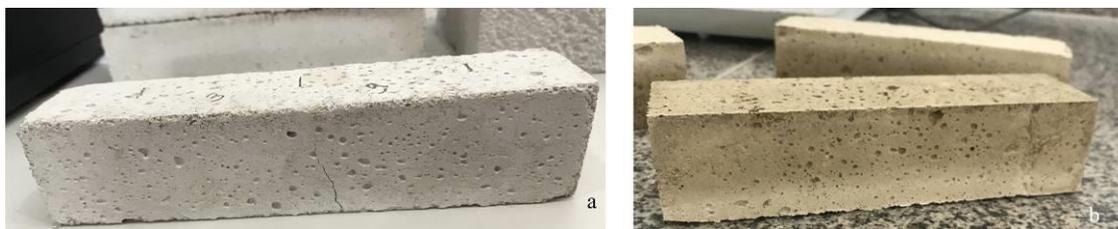


Figura 4: Corpos de prova. a) Cal. b) Filito

Os moldes foram fixados na mesa de consistência e preenchidos em duas camadas com alturas aproximadamente iguais. A cada camada executada, foram aplicadas 30 quedas na mesa de consistência, sendo realizado o rasamento para que o corpo de prova ficasse com a superfície plana. Após a moldagem, as fôrmas permaneceram em um local plano, com

temperatura controlada, para cura ao ar, sendo realizada a desforma em aproximadamente 48 ± 24 horas.

Análise experimental

A fim de analisar de forma técnica as amostras deste estudo, realizou-se ensaio de determinação do índice de consistência de cada argamassa. Após 28 dias, os corpos de prova foram ensaiados para densidade de massa no estado endurecido e resistências mecânicas de compressão, tração na flexão, aderência a tração, conforme mostrado a seguir.

O ensaio de índice de consistência foi elaborado segundo recomendação da NBR 13276 (2016), entretanto, como dito anteriormente o valor limite da norma foi desconsiderado para que a argamassa pudesse ser projetada. O espalhamento na mesa de consistência é medido em 3 direções e é determinada a média, sendo este o valor final [7].

No estado endurecido, os corpos de prova prismáticos foram ensaios à tração na flexão e posteriormente à compressão, de acordo com a NBR 13279 (2005) [10]. Para a tração na flexão, foi aplicada uma carga de 50 ± 10N/s até a ruptura do corpo de prova, a resistência é calculada através da Equação A, conhecendo os valores de F_t como a carga aplicada verticalmente no centro dos prismas, em N, L a distância entre os suportes em mm e R_t a resistência à tração na flexão, MPa.

$$R_t = \frac{1,5 * F_t * L}{40^3} \quad (A)$$

O ensaio de resistência a compressão foi efetuado com as metades dos corpos de prova ensaiados à tração na flexão, onde a carga aplicada (F_c) foi de 500 ± 50 N/s até atingir sua ruptura, sendo calculado pela Equação B.

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (B)$$

Para densidade de massa no estado endurecido, deve ser determinado o volume do corpo de prova (v) e a massa do corpo de prova (m_{cp}) [12]. Com isso, calcula-se a densidade de massa pela equação C.

$$\rho = \frac{m_{cp}}{v} 1000 \quad (C)$$

A resistência de aderência a tração é padronizada pela NBR 13528 (2010), e após o período de 28 dias, são feitos, no mínimo 12 corpos de provas cilíndricos no revestimento com o auxílio de uma serra copo, com 50mm de diâmetro (Figura 5). Feito isso, são colocadas pastilhas metálicas para que possa ser feito o ensaio por meio de um dinamômetro. Essa resistência é obtida pela divisão entre o valor dado pelo dinamômetro e a área da pastilha [11].

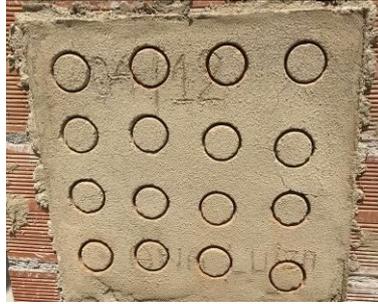


Figura 5: Corpos de prova para ensaio de aderência à tração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise experimental

Imediatamente após a aplicação da argamassa com o filito no substrato e seu acabamento, foi feita uma análise visual para a presença de escorregamento ou deslocamento da massa, o que não ocorreu, demonstrando um bom desempenho do novo material. Como esperado, o traço F01, reproduzido da obra, apresentou fissuras em praticamente toda a extensão em que a argamassa foi aplicada, e mesmo com a redução da relação água/cimento para F02, as fissuras, embora em menor quantidade ainda se fizeram presentes (Figura 6).



Figura 6: Presença de fissuras no revestimento F01.

Quanto ao ensaio de consistência, o teor de água utilizado em todas as 3 argamassas levaram aos valores esperados, de 260 mm na argamassa convencional C01, e de 314 e 304,7 mm nas F01 e F02, respectivamente.

Na Tabela II encontram-se os resultados dos ensaios no estado endurecido que serão comentados a seguir, e apresentados em gráficos para melhor entendimento.

Tabela I: Resultados médios dos ensaios no estado endurecido

	Densidade de massa (kg/cm ³)	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Resistência de Aderência a tração (MPa)
F01	1,65	2,62	1,17	0,17
F02	1,73	3,26	1,20	0,25
C01	1,35	4,70	1,81	0,34

Os resultados da densidade de massa mostraram que entre as duas argamassas de filito, sendo a única diferença a quantidade de água, naquelas com maior relação a/c a densidade obtida foi menor, isso porque a quantidade de água para hidratar/molhar os constituintes foi superior à quantia necessária, levando a uma maior evaporação da água livre, e consequentemente, aumentando o teor de vazios. Analisando as 3 argamassas, a C01 possui a menor densidade de massa, ocasionada por possuir uma massa específica de 1,75g/cm³, menor quando comparada ao filito, de 2,45g/cm³, logo, os corpos de prova com cal são mais leves.

Em relação às resistências, Figura 7, a argamassa C01 apresentou-se superior nos três ensaios realizados. Isso ocorreu, muito provavelmente, devido as propriedades ligantes da cal que, por sua vez, participa dos processos de hidratação da pasta, o que não ocorre com as argamassas que possuem filito, uma vez que esse material não é reativo. Esse fator é comprovado nos estudos de Romano *et. al.*, onde eles realizam ensaio de calorimetria em três tipos de argamassa: com cal, filito, e apenas cimento. Os autores observaram que o pico de liberação de calor nas argamassas com cal foi maior quando comparado aos outros dois, e não houve alteração para a argamassa de filito quando comparada com a argamassa apenas de cimento, mostrando que esse material não influencia nas reações de hidratação da pasta [13].

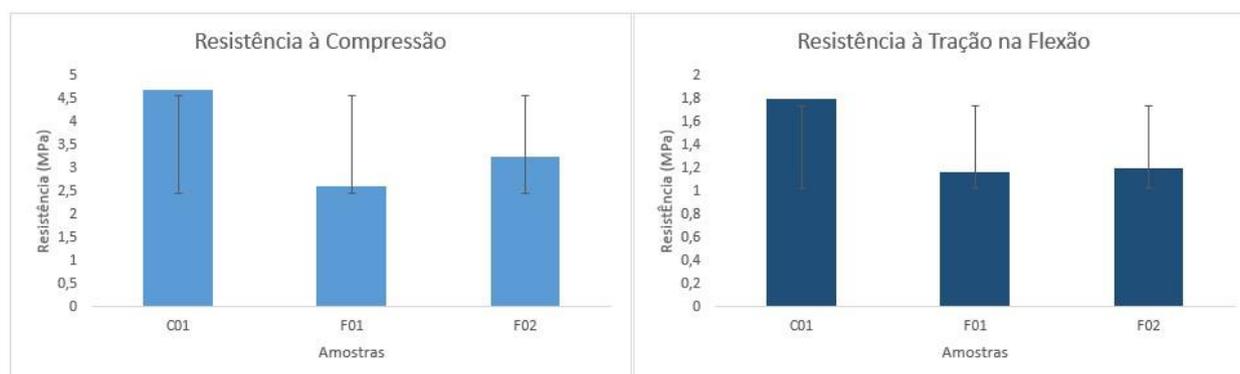


Figura 7: Gráficos de resultados do ensaio de resistência à compressão e tração, desvio padrão.

Analisando os resultados de aderência à tração das argamassas F01 e F02, estes se mostraram insatisfatórios, mesmo com a aplicação mecanizada, que tende a aumentar essa propriedade, pois diminui a quantidade de vazios da pasta no momento da aplicação devido ao

impacto, além de permitir que as argamassas penetrem de maneira mais eficiente nos poros dos substratos. Como esse material foi usado tanto para ambiente interno como externo, utilizou-se como referência o limite mais crítico encontrado na norma, $R_a \geq 0,30$, para classificar o material. Assim, apenas a C01 se enquadrou nos limites da NBR, Figura 8.

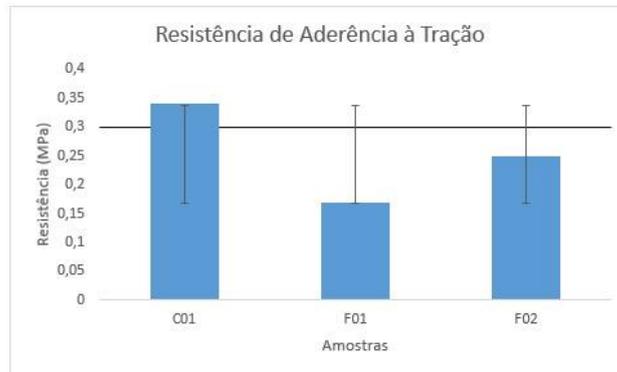


Figura 8: Resultados do ensaio de aderência à tração, bem como seu desvio padrão. Linha em preto representando o valor limite de acordo com a norma.

CONCLUSÕES

A substituição da cal pelo filito não se mostrou tão satisfatória quanto o esperado, com isso são necessários novos estudos para viabilizar essa mudança nos constituintes do material. A partir disso pode-se concluir que:

- Por ser um material de menor valor agregado na região, é interessante a incorporação do filito nas argamassas para reduzir os custos da obra de uma maneira significativa;
- A redução da resistência a tração em aproximadamente 40% quando comparada a argamassa contendo cal, não é realmente um problema para a construtora, uma vez que esse material não possui nenhuma função estrutural;
- Mesmo com a alteração do traço da obra, houve ainda a presença de fissuras, embora em menor quantidade, nas argamassas F02. É importante salientar que os filitos possuem aproximadamente 45% de caulínia (argilo-mineral). Esse componente pode ser o principal responsável pela plasticidade do material, mas, como as argilas, quando secos, perdem sua plasticidade, podendo ser também um dos responsáveis pela presença de fissuras;
- Foi observado que para uma menor quantidade de água menor foi o aparecimento de fissuras. Então, para trabalhos futuros, devem ser feitos ensaios com menor teor de água e incorporação de aditivos, para que o material mantenha a trabalhabilidade necessária para a projeção;

- Portanto, a partir das análises realizadas nesse estudo, sugere-se um traço que seja composto por cal e filito, para que o primeiro componente possa compensar as falhas do segundo, sem que comprometa as principais propriedades necessárias as argamassas de revestimento. Além disso, diminuir o teor de água é fundamental para diminuir as fissuras e ajudar no aumento da resistência, devido a menor quantidade de água evaporada, logo menor quantidade de vazios, para isso deve-se empregar um aditivo para que a trabalhabilidade do material não seja afetada.

REFERÊNCIAS

- [1] Matias, G., Faria, P., Torres, I. Lime mortars with heat treated clays and ceramic waste: A review, *Construction and Building Materials* (2014) Vol. 73, p. 125–136.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos, Rio de Janeiro (2005).
- [3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Anuário Brasileiro de Empregos. Disponível em: www.ibge.gov.br Acesso em 21 jan. 2019.
- [4] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Agência IBGE Notícias. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23886-pib-cresce-1-1-em-2018-e-fecha-ano-em-r-6-8-trilhoes>. Acesso em 28 fev. 2019.
- [5] Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Disponível em <https://www.abcp.org.br/>. Acesso em 07 abr. 2019.
- [6] Romano, R. C. O., Souza, R. B., Câmpora, F. L., Seabra, M. A., John, M. A., Pileggi, R. G. Efeito da utilização de cales e filitos nas propriedades de pastas cimentícias, *Anais IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*. Belo Horizonte (2011).
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro (2016).
- [8] Carasek, H. *Patologia das Argamassas de Revestimento*. Livro *Materiais de Construção*. 11p (2011).
- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro (2003).
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, Rio de Janeiro (2005).
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, Rio de Janeiro (2010).
- [12] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido, Rio de Janeiro (2005).
- [13] Romano, R. C. O., Souza, R. B., Câmpora, F. L., Seabra, M. A., John, M. A., Pileggi, R. G. Efeito da utilização de cales e filitos nas propriedades de pastas cimentícias, *Anais IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*. Belo Horizonte (2011).