INFLUÊNCIA DOS TEORES RELATIVOS DE MATERIAIS EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM AREIA NATURAL DE RIO E FILER DE AGLOMERANTE CALCÁRIO COM DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA SIMILAR

I. M. F. ZANOLLA
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
São Leopoldo/RS/Brasil
ieda.zanolla@gmail.com

C. S. KAZMIERCZAK
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
São Leopoldo/RS/Brasil
claudiok@unisinos.br

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo avaliar a influência dos teores relativos de materiais em argamassas de revestimento com areia natural de rio e filer de aglomerante calcário nas propriedades destas argamassas, fazendo uso de um software para a dosagem dos materiais baseado no melhor empacotamento dos grãos, que configura às argamassas uma distribuição granulométrica similar, considerada a de empacotamento ótimo para os materiais utilizados. Definido o percentual em volume dos materiais foram feitos fracionamentos do agregado miúdo, de forma a obter diferentes granulometrias com a presença ou não de filer para compor os traços das argamassas. A dosagem realizada através do software resultou em argamassas com um bom empacotamento dos grãos e que atingiram valores semelhantes em suas principais propriedades. Observou-se a interferência da presença de filer nos teores de água de amassamento das misturas e consequentemente na trabalhabilidade e retração do revestimento argamassado, bem como nos valores resultantes de resistência à compressão e resistência à tração na flexão das argamassas de revestimento. Quanto à resistência de aderência foram atingidos valores similares para os traços utilizados. Os resultados obtidos nos traços com a adição de filer, com relação ao mesmo traço sem filer, não demonstram alterações de grande magnitude nas propriedades das argamassas.
Palavras-chave: Argamassa de revestimento. Fíler de agregado miúdo. Empacotamento. Propriedades das argamassas.

ABSTRACT

The objective of this paper is to evaluate the influence of the relative content of materials in coating mortars with natural river sand and limestone filer in the properties of these mortars, making use of software for the proportioning of materials based on the best granulometric distribution, considered to be the optimal packaging for the materials used. The volume percentage of the materials was determined by making small aggregate fractions, in order to obtain different granulometries with the presence or not of filer to compose the mortars proportions. The dosage performed through the software resulted in mortars with a good packaging of the grains and that reached similar values in their main properties. It was observed the interference of the presence of filer in the mixing water contents of the mixtures and consequently in the workability and retraction of the mortar coating, as well as in the resulting values of compressive strength and tensile strength in the flexion of the coating mortars. Regarding the adhesion strength similar values were reached for the traces used. The results obtained the addition of filer, do not demonstrate changes of great magnitude in the properties of the mortars.
Key-words: Coating mortar. Filler. Packing. Properties of mortars.

1. INTRODUÇÃO

Uma das propriedades mais importantes para compreender o comportamento das argamassas de revestimento é a sua capacidade de aderência ao substrato. A aderência, segundo Kazmierczak, Brenzezinski e Collatto (2007) está diretamente relacionada ao surgimento de manifestações patológicas nas edificações, tornando-se uma grande preocupação para as construtoras, pois compromete seu desempenho e sua durabilidade. A aderência entre o substrato e a base está relacionada à combinação da resistência de aderência aos esforços de tração, cisalhamento e da sua área de extensão. A aderência ocorre em função da interação intermolecular entre a argamassa e o substrato, que é influenciada pelas características de absorção do substrato e da distribuição granulométrica da argamassa, e também pela eventual e por efeito da ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências da base (SABBATINI, 2000).

Neste estudo são avaliados os efeitos da variação do teor de materiais (cimento, cal e areia) em uma argamassa cujo ajuste dos teores relativos de materiais foi realizado de modo a obter uma curva de empacotamento “ideal”, através do software Elkem Materials Mixture Analyser – EMMA.

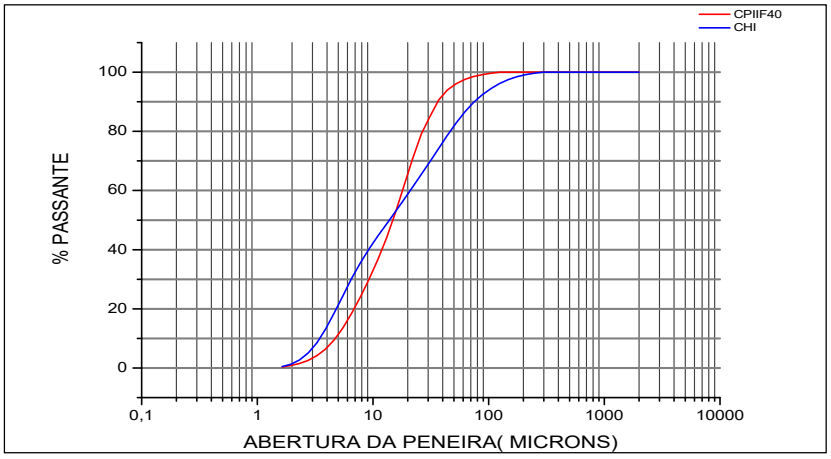
2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para produção das argamassas mistas foram utilizados os materiais: cimento Portland composto, cal dolomítica hidratada e areia natural de rio.

2.1 Aglomerantes

Para produção do revestimento argamassado foi utilizando cimento tipo CP II F 40 com massa específica 3,05 g/cm³. O aglomerante calcário utilizado foi a cal dolomítica hidratada tipo CH I, apresentando massa específica de 2,40 g/cm³. A composição granulométrica dos aglomerantes foi determinada através do método de difração a laser por via úmida (fig.1).

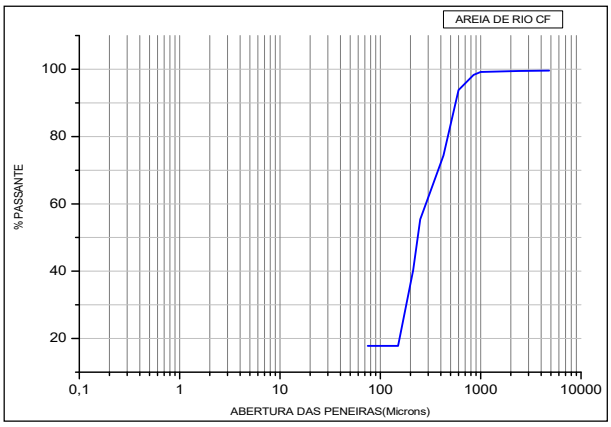
Figura 1 - Distribuição granulométrica do cimento CP II F 40 e da cal hidratada



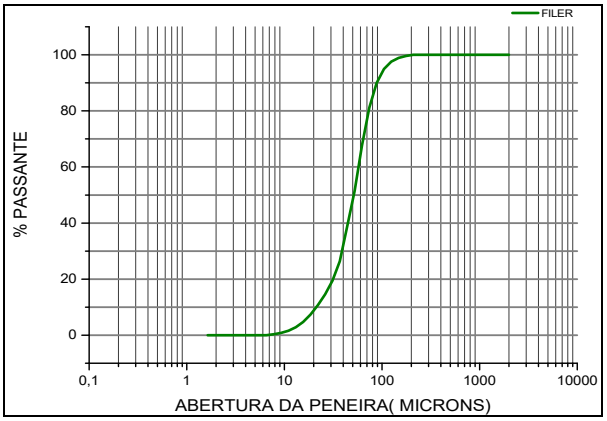
2.2 Agregado inerte: areia

O agregado inerte utilizado foi areia natural do rio Jacuí. Estes apresentaram massa específica de 2,58 g/cm³ em ensaio realizado conforme a NM 52 (ABNT, 2006) e massa unitária 1,50 Kg/m³ segundo NM 45 (ABNT, 2006). Quanto à composição granulométrica foi utilizado o processo de peneiramento (fig. 2 a), e para os microfinos de areia foi utilizado o método de granulometria por difração a laser por via úmida (fig. 2 b). Para composição dos traços foram utilizadas frações de areia passantes na peneira 1.2 mm com e sem a presença de filer e da mesma forma para a fração passante na peneira 0.6 mm.

Figura 2 - Composição granulométrica dos agregados



(a) Granulometria da areia - NM 248 (ABNT, 2003).



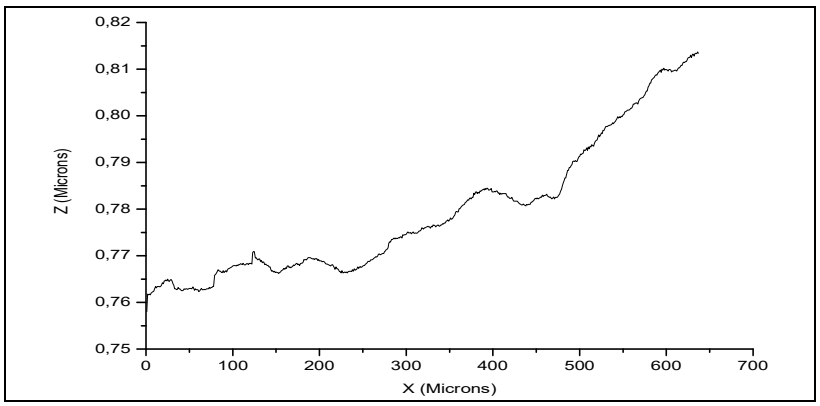
(b) Granulometria dos microfinos – granulometro laser MICROTRAC S3500

Foi realizada a análise do formato dos grãos de areia de forma visual, utilizando uma lupa com ampliação de 20 vezes e com câmera fotográfica acoplada. Os grãos de areia de rio para os diferentes fracionamentos apresentam uma forma mais próxima da esférica ou arredondada (Zanolla e kasmierkzak, 2016).

2.3 Substrato: Bloco cerâmico estrutural

O substrato utilizado foi o bloco cerâmico de função estrutural com dimensões de 140 X 190 X 290 mm produzidos por olaria da região sul. Foram realizados ensaios de caracterização segundo as NM 15270 (ABNT, 2005). A rugosidade da face escolhida para aplicação do revestimento foi determinada com o equipamento Galileo AV 300 + (fig.3).

Figura 3 - Perfil topográfico de rugosidade da superfície do bloco cerâmico



2.4 Revestimento argamassado

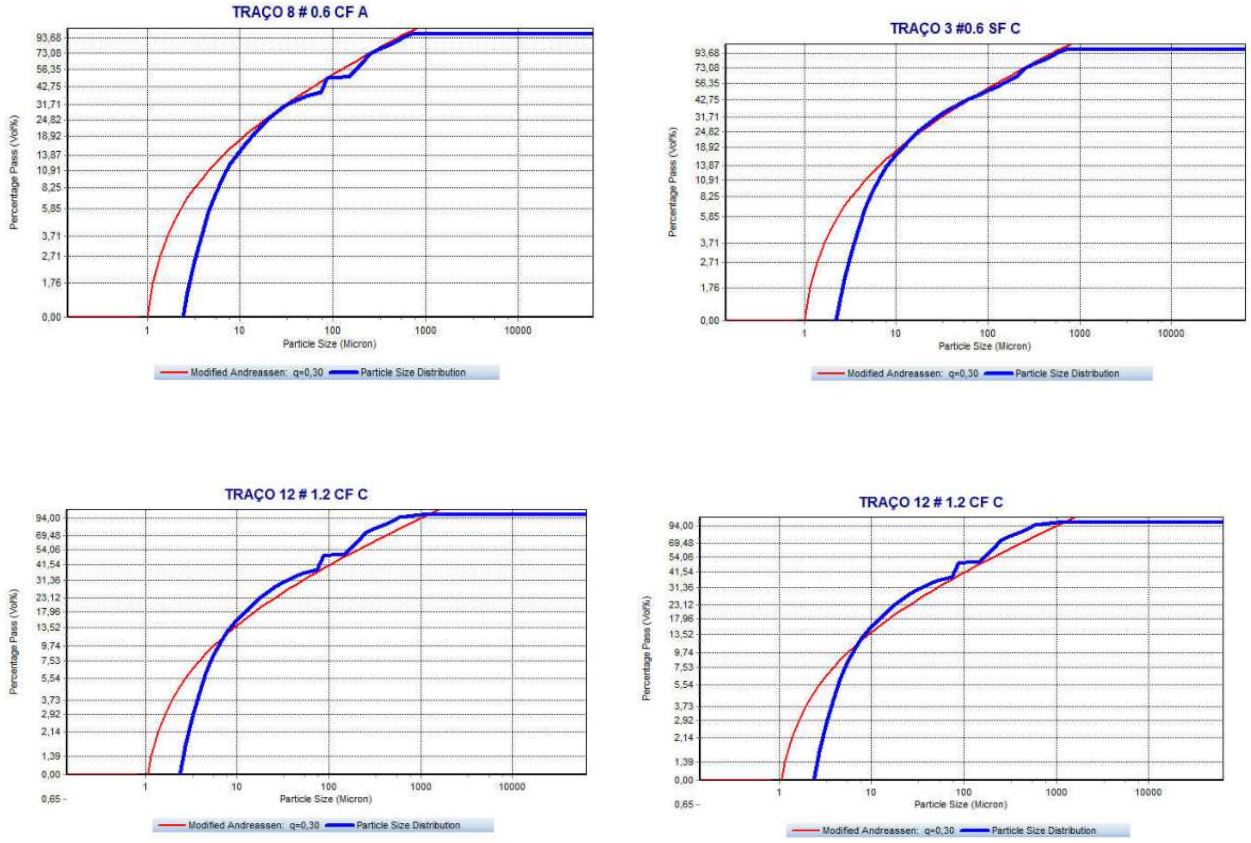
Foram ajustados quatro traços de materiais secos através do software EMMA Mix (tabela 1), onde foi mantido fixo em aproximadamente 40 % o percentual de agregado natural de rio da mistura, variando-se o teor de cimento, de aglomerante calcário e a adição de filer de areia natural < 0,150 mm (fig. 4). A dosagem experimental teve a finalidade de observar a influência dos diferentes percentuais de finos (provenientes do cimento, da cal e do filer) na microancoragem da pasta ao substrato, bem como sua interferência na extensão da área de aderência. Foram utilizados traços especificados pelo software EMMA, que resultaram em um ótimo empacotamento, não sendo utilizados processos convencionais de dosagem que partem de

um teor de água ou relação água/aglomerante fixos. Apesar dessas variáveis não serem controladas, a trabalhabilidade foi mantida constante, utilizando-se para tal o ensaio de Squeeze-flow. Os traços utilizados são visulalizados na tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos traços ajustados pelo EMMA e pelo Squeeze Flow

TRAÇOS	CPII F40 (%)	CAL (%)	FILER (%)	AREIA (%)	ÁGUA (%)	AR (%)
0.6 SF	12,16	19,04	0	46,20	19,32	3,40
0.6 CF	18,74	14,56	17,59	30,05	17,30	1,90
1.2 SF	12,51	19,76	0	47,76	18,88	1,10
1.2 CF	12,05	18,71	17,67	28,51	22,22	0,85

Figura 4 - Ajustes de traços obtidos utilizando Materials Mixture Analyser – EMMA.



Para a confecção das argamassas de referência foi necessário determinar a quantidade de água a ser acrescentada a cada mistura, definida como a quantidade necessária para se obter um espalhamento em 260 ± 5 mm na argamassa de referência. Nas demais argamassas, o teor de água foi definido de modo a garantir uma trabalhabilidade similar à argamassa de referência, medida a partir de ensaio de Squeeze-flow, conforme a NBR 15839 (ABNT, 2010). Após a definição dos traços as argamassas foram preparadas seguindo as recomendações da NBR 13276 (ABNT, 2005) para hidratação da cal.

2.5 Sistema de revestimento

O sistema de revestimento foi confeccionado de acordo com os volumes previamente estabelecidos no EMMA e através do índice de consistência e do ensaio de Squeeze Flow para a posterior determinação da resistência de aderência aos 28 dias, conforme NBR 13528 (ABNT, 2010). Foram utilizados cinco moldes cilíndricos de PVC (fig. 5), por bloco cerâmico, diâmetro de 50 mm, com intuito de minimizar a interferência nos resultados do ensaio de arrancamento, baseado nos estudos de John, Pileggi e Cardoso (2005). Uma das faces dos blocos cerâmicos possuía uma face com reentrâncias maiores e este foi o escolhido para aplicação do revestimento.

A argamassa de revestimento foi aplicada em camada única, com espessura controlada de aproximadamente de 2 cm e utilizou-se a mesa de queda com 100 cm de altura para lançamento da pasta, controlando e padronizando a energia de aplicação.

Figura 5 - Método utilizado para realização do ensaio de arrancamento





Fonte: autor

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco e endurecidos, dos ensaios de caracterização dos blocos cerâmicos e do sistema de revestimento argamassado/substrato estão apresentados abaixo.

Na tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de caracterização dos blocos cerâmicos, demonstrando que o substrato apresenta uma baixa absorção inicial. Este fator pode dificultar a absorção de pasta da argamassa pelo bloco e consequentemente pode comprometer a aderência do sistema. Quanto à resistência à compressão os blocos apresentaram o resultado dentro do esperado.

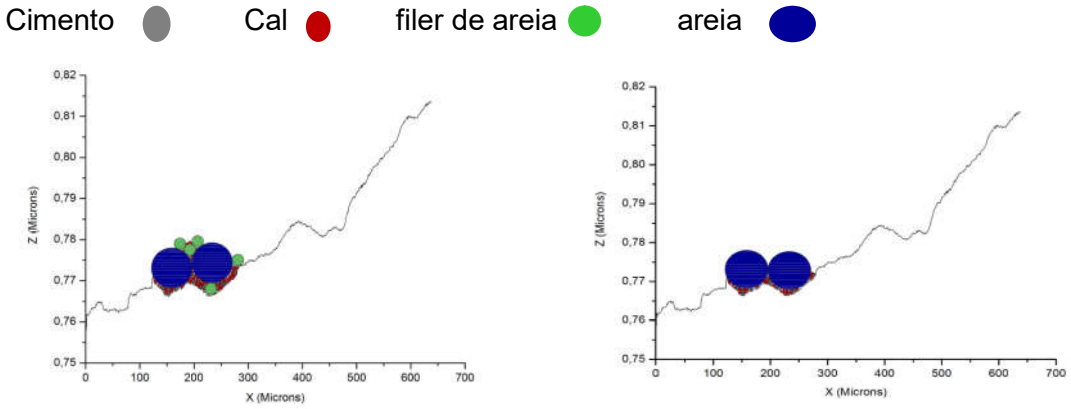
Tabela 2 - Propriedades do substrato bloco cerâmico estrutural

Geométricas			Físicas	Mecânicas
Área efetiva (cm^2)	Desvio em relação ao esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)	Índice de absorção de água (g/193,55cm^2)	Resistência à compressão (MPa)
39205	4,00	2,0	15,60	11,73

A simulação do recobrimento da superfície com o bloco cerâmico nos apresenta duas formas possíveis de arranjo dos grãos (fig. 6). Isso nos permite dizer que se partículas menores, como o filer calcário, migrarem em direção a superfície de contato com o bloco, poderá ocorrer um aumento do contato entre a matriz cimentícia e o substrato. Porém, nada podemos afirmar se os finos de areia melhoram esse contato efetivo.

Os resultados de caracterização das argamassas no estado fresco encontram-se demonstrados na tabela 3. Os resultados obtidos demonstram que os traços ajustados pelo Software EMMA MIX resultaram em argamassas com valores altos de retenção de água, pequenas quantidades de ar incorporado.

Figura 6 - Perfis topográficos de rugosidade da superfície do bloco cerâmico com simulação do recobrimento da superfície com os grãos. (cimento D_{10}= 4,69 µm; cal D_{10}= 3,40µm; filer D10=21,13 µm; areia D_{10}= 152µm)



(a) Presença de finos de areia

(b) sem presença de finos de areia

Tabela 3 - Caracterização das argamassas no estado fresco

Amostras Ensaios	**0.6 SF**	**0.6 CF**	**1.2 SF**	**1.2 CF**	Normas Brasileiras
Retenção de água (%)	99,07	99,38	99,55	99,52	13277/2005
Teor de ar incorporado (%)	3,40	1,90	1,10	0,85	13278/2005
Densidade de massa aparente (g/cm³)	1,97	2,01	1,97	1,97	13278/2005
Índice de consistência (água mistura - g)	31,81	30,05	29,88	33,55	13276/2005

Conforme os resultados obtidos na tabela acima as argamassas de traço # 0.6 apresentou os maiores teores de ar incorporado. O traço #0.6 CF, ajustado pelo EMMA, apresentou o maior consumo de cimento em % de volume e para um espalhamento fixo necessitou menor teor de água. Porém observamos que na dosagem seu teor de cal na mistura apresentou pequena redução em relação aos outros traços, desta forma reduzindo sua capacidade de reter água, o que justificaria o menor teor de água incorporado a mistura, resultando em uma menor trabalhabilidade, conforme as curvas no ensaio Squeeze flow. Segundo Cardoso, Pieggi e John (2005) este ensaio fornece um perfil de comportamento da argamassa de acordo com as solicitações impostas. Com isso, é possível verificar nos perfis obtidos, que esta argamassa necessita de um aumento significativo de carga aplicada para que ocorra deslocamento, o que caracteriza uma argamassa muito rígida, ou seja, o que a considera inadequada para uso em revestimento.

A argamassa # 0.6 SF apresentou um consumo mais elevado de teor de água, menor consumo de cimento, que resultaram em maior trabalhabilidade. As argamassas de traço #1.2 CF e #1.2 SF apresentaram um comportamento típico de deformação plástica, ou seja, argamassas mais adequadas para aplicação em revestimento de alvenarias.

Os resultados obtidos demonstram que as argamassas que apresentaram os maiores valores de resistência à compressão (tabela 4) foram os traços # 0.6 CF e # 1.2 SF, valores esperados devido ao maior consumo de cimento em relação aos outros traços (fig. 7). O mesmo ocorre em relação aos resultados obtidos de resistência à tração na flexão.

A argamassa de traço #0.6 CF, dosada através do software, apresentou um maior consumo de cimento e uma pequena redução no teor de cal, buscando o melhor empacotamento dos grãos na pasta. Este arranjo obtido pode ter proporcionado uma redução da porosidade na interface pasta/substrato e um melhor intertravamento entre as partículas, o que explicaria os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão, resistência à tração na flexão e no arrancamento.

Tabela 4 - Caracterização das argamassas no estado endurecido

Amostras Ensaios	**0.6SF**	**0.6CF**	**1.2SF**	**1.2CF**	NBR
Absorção de água total (%)	19,12	17,60	17,56	20,31	9978/2005
Índice de vazios (%)	31,81	30,05	29,88	33,55	9978/2005
Massa específica real(g/cm³)	2,44	2,44	2,43	2,49	9978/2005
Coeficiente de capilaridade (g/dm²/.min$^{1/2}$)	9,80	5,04	6,48	9,80	15259/2005
Resistência à tração na flexão (MPa)	2, 831	4, 851	2,513	2,371	13279/2005
Resistência à compressão (MPa)	5, 981	10, 321	6,293	5,355	13279/2005
Densidade de massa de massa aparente(g/cm³)	1,97	1,97	1,97	1,97	13279/2005

Figura 7- Representação gráfica das resistências compressão e flexão aos 28 dias

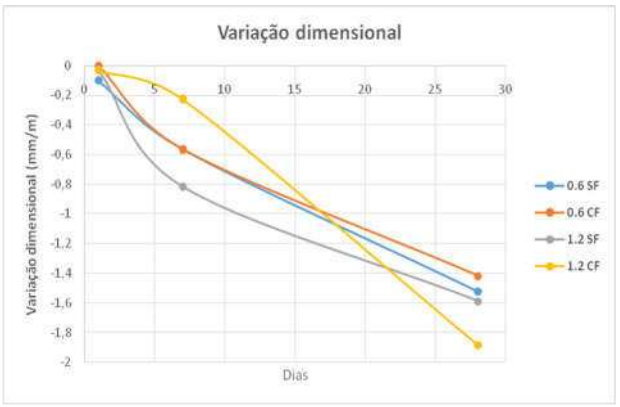


Observando os resultados obtidos nos gráficos de variação dimensional (fig. 8), construídos com base nas medições realizadas no 1º dia, 7ºº dia e 28 dia após a desmoldagem (48h), verificamos que a amostra que mais se difere das restantes na primeira semana é a #1.2 CF .Este traço #1.2 CF apresenta uma variação menor em relação aos outros nas primeiras semanas, mas na última semana verificamos uma variação mais acentuada.

É possível verificar através destes resultados que os traços # 1.2 SF e # 1.2 CF apresentaram maiores valores de retração, bem como maiores variações de massa ao longo dos 28 dias de cura das argamassas.

Estes traços ao serem produzidos para manter o espalhamento de 260 ± 5 e uma adequada trabalhabilidade, consumiram teores maiores de água, portanto este fator afetou diretamente as variações dimensionais.

Figura 8 - Representação gráfica do comportamento dos corpos de prova no período de 28 dias: variação dimensional (a) e variação de massa (b)



(a)



(b)



(a)



(b)

O gráfico a seguir (fig. 9) representa os resultados encontrados para o ensaio de arrancamento. Os resultados mostram que as argamassas apresentaram valores dentro da tolerância de resistência de aderência conforme especificado em norma. Porém, acreditamos que a metodologia escolhida para aplicação das argamassas interferiu diretamente nos resultados encontrados, pois a energia de aplicação acabou sofrendo variações devido a plasticidade das argamassas.

A aplicação do revestimento do traço #1.2 CF foi a que mais sofreu alterações nos resultados, devido às dificuldades encontradas na aplicação da argamassa nos blocos cerâmicos com os moldes de PVC, fazendo o uso da caixa de queda.

Figura 9 - Resistências ao arranchamento das argamassas



Ao realizarmos os ensaios de arrancamento e analisarmos a zona de ruptura , constatamos que 100% dos corpos de provas dos traços utilizados romperam na zona da interface argamassa/substrato,concluindo ser esta a zona mais frágil e verificando que não houve interferencia significativa da presença ou não de finos de areia sobre a resistência de aderência. Ao compararmos as argamassas #0.6 SF e #1.2 SF observamos que os resultados obtidos das propriedades das argamassas tanto no estado fresco como endurecido não apresentam diferenças consideráveis.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do software com objetivo de obter o melhor empacotamento de acordo com a distribuição granulométrica dos materiais constituintes das argamassas resultou em argamassas com traços similares, diferenciando-se entre si em percentuais de consumo de água de amassamento. Estes percentuais influenciaram diretamente na variação dimensional, ou seja, na retração do revestimento.

As relações água/ aglomerantes resultantes das misturas dosadas pelo software foram diretamente proporcionais aos resultados de resistência à compressão e resistência à tração na flexão. O alto percentual de retenção de água nas argamassas pode ter ocorrido devido ao uso de microfinos de aglomerante calcário e filer de areia de rio devido ao aumento da área superficial e a adsorção das partículas. Esta alta retenção de água juntamente com a baixa absorção inicial do substrato afetou significativamente os resultados de resistência de aderência à tração, sendo que todos os ensaios o rompimento ocorreu na interface argamassa/substrato.

Através das curvas resultantes dos ensaios de Squeeze Flow observamos que a argamassa com maior consumo de cimento e menor consumo de aglomerante calcário não apresentou um bom resultado na trabalhabilidade em relação às outras argamassas, resultando em uma argamassa inadequada para sua aplicação.

Os resultados obtidos neste programa experimental mostraram que quando se mantém um empacotamento similar entre as argamassas, sem fixar o teor de água e a relação água/aglomerante, a presença de maior teor de finos nas argamassas de revestimento não altera expressivamente as propriedades das argamassas.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15839**: Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método squeeze-flow. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da densidade de massa e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

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

COSTA, E. B. C.; CARDOS, F. A.; JOHN, V. M. Efeito do teor e da dispersão de fino calcário na aderência substrato-matriz cimentícia. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 21-34, abr./jun. 2016.

CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. **Caracterização reológica de argamassas pelo método de squeeze-flow.** In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS I INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MORTARS TECHNOLOGY. Florianópolis, 23 a 25 maio 2005.

EMMA MIX ANALIZER. Version 2. Disponível em: </www.elkem.com/en/siliconmaterials/Support/software-EMMA/>. Acesso em: 10 fev. 2018.

NORMA MERCOSUR. **NBR: 52:2002**. Agregado fino – Determinación de la densidade y de la densidade aparente, 2006.

KAZMIERCZAK, C. S.; BRENZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. **Estudos Tecnológicos**, v. 3, n. 1, p. 47-58, 2007.

SABATTINI, F. H. **Projeto e execução de revestimentos de argamassas**. São Paulo: Editora Ltda., 2000.

ZANOLLA, I. M. F.; KASMIERCZAK, C. S. **Influência dos teores relativos de materiais em argamassas de revestimento com areia natural de rio e filer de aglomerante calcário com distribuição granulométrica similar**. Monografia (Especialização em Patologia das Obras Civis) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2017.