ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE MISTURADOR NA CONSISTÊNCIA E NOS ÍNDICES FÍSICOS DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO ADITIVADAS

Tema: Processos de execução.
Grupo[1]: 1

ALESSANDRA T. SOUZA[1], CATHARINA DE A. CARVALHAIS[2], LUCAS A. RICCIO[3],WHITE J. DOS SANTOS [4]

[1] Mestranda em Construção Civil , Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG, alessandratsouza@gmail.com
[2]Estudante de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG, catharina.carvalhais@gmail.com
[3]Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal de Minas Gerais, lucasriccio@gmail.com
[4]Prof° Dr°, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG, white.santos@demc.ufmg.br

RESUMO

Neste estudo, a influência da utilização de aditivos e do tipo de misturador na consistência e nos índices físicos das argamassas foi avaliada. Para isso, foram realizados os ensaios: Flow-Table, porosidade e absorção por imersão. Observou-se que os traços dosados na betoneira exibiram redução da consistência e aumento da absorção de água, porosidade total e porosidade superficial, em todas argamassas, excluindo a argamassa com retentor e incorporador de ar. Com isso, concluiu que o tipo de misturador influencia na consistência e nos índices físicos das argamassas.

Palavras-chave: Argamassa revestimento aditivada, Misturador, Consistência.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE BEATER TYPE IN THE CONSISTENCY AND PHYSICS INDEXES OF ADDITIVE MORTAR COATING

ABSTRACT

This study evaluated the influence of additive type and beater type in the consistency and in the physical indexes. The experiments conducted were: Flow-Table, Porosity and Absorption by immersion. The Consistency decreased. The Water absorption, the total porosity and the superficial porosity increased, excluding the mixtures with water retaining agent and air entraining additive. Therefore, the type of beater affects consistency and physical indexes.

Key-words: Additive mortar coating, Beater, Consistency.

[1]**Grupo 1:** Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

1. INTRODUÇÃO

As argamassas de revestimento são compostas por areia e materiais ligantes, apresentando caráter multifásico e heterogêneo [1], dessa forma o processo de mistura é de extrema importância a fim de reduzir as heterogeneidades existentes e influenciar o desenvolvimento micro estrutural da argamassa, no que tange às propriedades no estado fresco e endurecido [2]. Conforme Romano et al. [3], os principais equipamentos utilizados para a mistura mecânica são as betoneiras e os misturadores de eixo horizontal (argamassadeira), sendo esses utilizados para a realização deste trabalho. Nota-se que nos processos de mistura mecanizadas, há diferenças, por exemplo, na consistência e nos índices físicos das argamassas dependendo do tipo de misturador, influenciando na eficiência do processo [3]. Os índices físicos são importantes para as argamassas pois podem ser relacionados com a durabilidade destas, e a consistência pois relaciona-se intimamente com a facilidade que a mão de obra tem de manusear a argamassa durante a aplicação [4]. Para avaliar a consistência ainda é amplamente utilizado o método Flow-Table apesar de receber críticas pela não correspondência entre os valores de consistência e trabalhabilidade [5].

Com isso, o estudo demonstra como as propriedades das argamassas podem variar de acordo com o tipo de misturador empregado, no caso das argamassas aditivadas, visando empregar argamassas de melhor qualidade. Além de analisar a adequabilidade da consistência pelo método Flow-Table para argamassas aditivadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Os materiais selecionados foram a cal aditivada CHI, Cimento Portland CPII-F 32, aditivo incorporador de ar, plastificante e retentor de água. A areia utilizada foi areia natural lavada fina e a água foi proveniente do abastecimento de MG, conforme a ABNT NBR 15900-1:2009 [6] . Todos os aditivos utilizados encontram-se em estado líquido, e por isso devem ser adicionados previamente a parte da água de amassamento.

O aditivo incorporador de ar (I) é composto de resinas naturais com densidade de 1,00 g/cm³ e dosagem máxima de 0,5% em relação a massa de cimento, o plastificante (P) é composto de lignosulfonato com densidade de 1,18 g/cm³ e dosagem máxima de 1,0% em relação a massa de cimento, e o retentor de água é composto de polímero acrílico com densidade de 1,00 g/cm³ e dosagem máxima de 1,5% em relação a massa de cimento. A areia natural utilizada é proveniente de leito de rio com origem quartzosa, possui massa unitária solta de 1,282 g/cm³, massa específica de 2,584 g/cm³, módulo de finura de 1,99 e diâmetro máximo do agregado de 2,4 mm, sendo bem graduada.

2.2. Metodologia

O traço da argamassa mista (Cal) foi obtido através da metodologia de Santos [4], sendo: 1:1:4,4 em volume ou 1:0,5:3,3 em massa, devido as características do agregado utilizado. Manteve-se a proporção do cimento: agregado no traço aditivado, a mais próxima possível do traço misto, obtendo o traço 1:5 em volume ou 1:3,77 em massa, além de utilizar, para cada traço aditivado (P, R e I), a máxima concentração recomendada pelo fabricante em relação a massa do cimento, conforme mencionado no item 2.1. A quantidade de água para cada traço foi ajustada na argamassadeira para que inicialmente todas as amostras tivessem uma consistência dentro do intervalo de 260 ± 10 mm [4]. A seguir, todas as amostras foram submetidas ao teste, no estado fresco, de consistência pelo método Flow-Table, conforme a ABNT NBR 13276:2005 [7]. Para a avaliação dos índices físicos utilizou-se 3 corpos de prova, para cada amostra, que foram curados em ambiente de laboratório por 28 dias. A seguir, realizou-se os ensaios de densidade no estado endurecido conforme a ABNT NBR 13280:2005 [8], porosidade aberta e absorção por imersão conforme a ABNT NBR 9778:2009 [9].

3. RESULTADOS

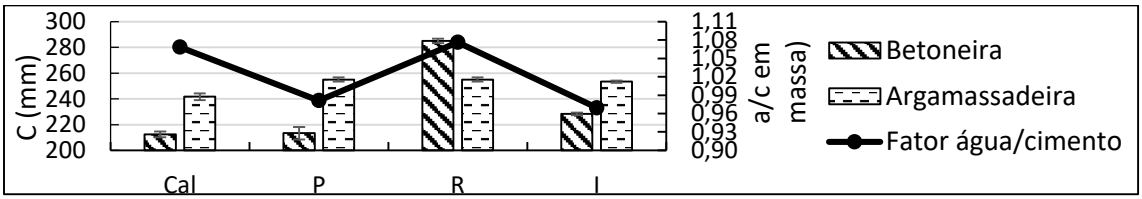
3.1. Fator água/cimento e Consistência (Método Flow Table / Trabalhabilidade)

Realizou-se o teste de consistência através do método Flow-Table, e assim determinou-se o fator água/cimento adequado para cada argamassa dosada. Através da Figura 1 é possível observar que as argamassas ficaram com consistência semelhante a recomendada por Santos [4] de 260 ± 10 mm, apenas a cal ficou ligeiramente inferior com 241,67 mm. Os traços aditivados, com incorporador de ar, retentor de água e plastificante obtiveram resultados semelhantes (255 ± 2) mm, com isso pode-se comparar os fatores água/cimento das amostras. O incorporador de ar foi a amostra que necessitou a menor quantidade de água para plastificar (a/c=0,97) ligeiramente inferior a amostra com plastificante (a/c= 0,98). Com isso observou-se que através do método Flow-Table os dois tipos de aditivos atuam plastificando a amostra, sendo o incorporador de ar mais efetivo do que o plastificante utilizado. O retentor de água necessitou uma quantidade bem mais elevada de água para manter o mesmo padrão de plasticidade (a/c= 1,08), contudo, esse resultado era esperado devido as propriedades do polímero, que retém parcialmente a água. A cal apresentou consistência inferior ao retentor de água e fator água/cimento semelhante (a/c= 1,07).

Ao realizar as argamassas na betoneira, observou-se que os resultados aumentaram sua variabilidade, não permanecendo próximo ao limite estabelecido na argamassadeira, sendo que a argamassa com retentor de água aumentou a sua consistência em 12%, a argamassa com plastificante diminui em 20%, a argamassa com cal diminui em 14% e a com incorporador de ar reduziu em 11%. Contudo, de acordo com Bauer, Sousa e Guimarães [10], as argamassas

com consistência entre 190 mm e 290 mm através do método de espalhamento *Flow-Table*, ainda são adequadas para a utilização como revestimento.

Figura 1 - Resultados de consistência (C) pelo método *Flow-Table* e fator água/cimento (a/c)



Fonte: Autores, 2019

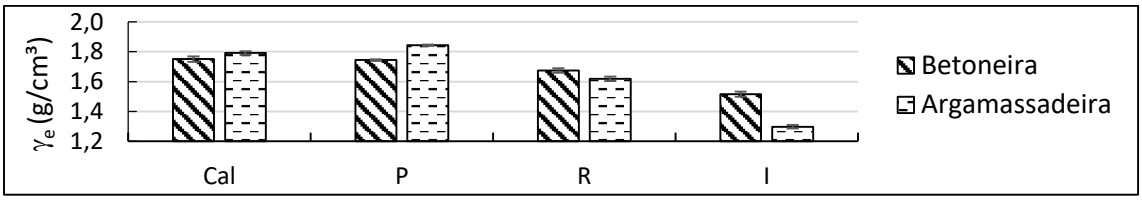
Estudo de Silva, Barros e John [11] ressalta que o método de mistura possui influência direta na consistência da argamassa, pois o misturador de eixo vertical consegue incorporar mais ar na mistura e, devido à maior energia do misturador, consegue romper mais adequadamente os aglomerados do material, propiciando um maior distanciamento e lubrificamento das partículas. Este estudo é corroborado pelos resultados exibidos na Figura 1, para as argamassas sem retentor de água, sendo que a argamassa que possuía agente incorporador de ar foi a menos afetada com a mudança do misturador. Ressalta-se que a argamassa com retentor obteve comportamento inverso ao esperado, e aumentou o espalhamento com a mudança do misturador. Com isso, observou-se que para obter a consistência adequada de 260 ± 10 mm [4] com uma menor quantidade de água é fundamental utilizar o equipamento adequado, ou seja, a argamassadeira, pois o ajuste visual da consistência em obra pode afetar a composição da argamassa.

Observou-se que a argamassa com incorporador de ar apresentava-se muito mais plástica que a argamassa com plastificante, apesar das duas amostras obterem espalhamento semelhante. Bauer, Sousa e Guimarães [10] relatam que o ar incorporado na mistura consegue absorver os impactos da mesa de espalhamento alcançando menores consistências para uma mesma trabalhabilidade com correspondência entre os valores do ensaio de Penetração do cone com o Vane-test. Também é possível estabelecer a correpondência entre valores dos métodos de avaliação dropping ball e sqeeze flow, sendo que o mesmo comportamento não foi observado pela mesa de consistência. Identificaram, também, que argamassas industrializadas (com incorporador de ar) não exibiam *flow table* adequado [12]. Confirma-se assim a observação que a argamassa com incorporador de ar apresentava-se muito mais plástica do que o resultado obtido e que o método de *Flow-Table* não seria o mais adequado para medir esta propriedade de argamassas aditivadas. Apesar disso, os resultados de mesa de consistência não devem ser descartados pois este método ainda é fortemente utilizado para caracterização de argamassas em laboratório [10].

3.2. Densidade no estado endurecido

Através da Figura 2 é possível observar que o tipo de misturador teve influência na densidade no estado endurecido das argamassas aditivadas, sendo essa diferença menos pronunciada na argamassa mista. Observa-se que a argamassa mista e a argamassa com plastificante diminuíram de densidade ao trocar a argamassadeira pela betoneira, sendo este comportamento inverso para as argamassas com retentor de água e com incorporador de ar que apresentaram menor densidade quando misturadas na argamassadeira. Com isso observa-se que materiais menos densos tendem a possuir uma densidade menor na argamassadeira e materiais mais densos, Cal e P, tendem a ser menos densos na betoneira. Este resultado pode ser associado ao processo de mistura, sendo que quanto mais denso o material mais ele incorpora ar no misturador de eixo inclinado, pois o mecanismo de mistura é pela rotação e gravidade. No misturador de eixo vertical, como o material é mais denso as hélices de mistura possuem dificuldade para incorporar ar do que misturas mais leves.

Figura 2 - Resultados de densidade no estado endurecido (γ_e)



Fonte: Autores, 2019.

A argamassa com incorporador de ar foi a argamassa que apresentou menor densidade, seguida pela argamassa com retentor, a argamassa com cal e a argamassa com plastificante. Sendo que quando misturadas na betoneira, a argamassa com cal teve densidade semelhante à argamassa com plastificante. Ou seja, a betoneira comprometeu a densificação da estrutura associada ao uso do plastificante [13] em uma consistência padrão em comparação a amostra realizada na argamassadeira. A menor densidade encontrada para o incorporador de ar é devido ao mecanismo de incorporação de ar do próprio aditivo utilizado, e o retentor de água também incorpora ar diminuindo a densidade [14].

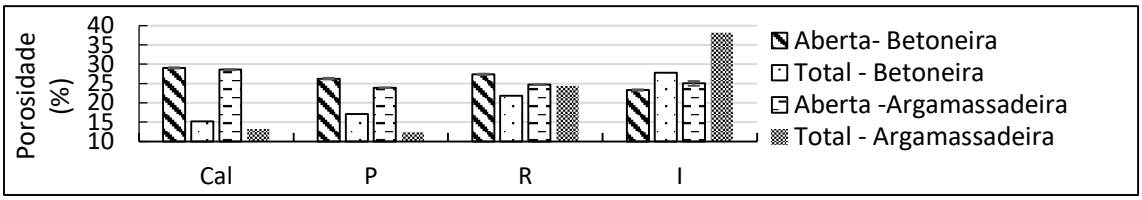
3.3. Porosidade total e porosidade aberta

A Figura 3 apresenta os resultados de porosidade aberta e porosidade total das amostras. Primeiramente, analisando a porosidade aberta, quando as amostras foram misturadas na argamassadeira, os resultados de I e R foram semelhantes sendo superiores ao resultado de P em apenas 5% e inferiores ao resultado de Cal em 16%. Com isso, vemos que a interconectividades entre os poros permanece bem semelhante entre as argamassas aditivadas, sendo inferior a argamassa mista. Contudo, ao misturar as argamassas na betoneira os padrões não permanecem mais semelhantes, sendo que a porosidade aberta da

argamassa com incorporador de ar diminui, a com retentor e plastificante aumentam, e a argamasssa mista (Cal) permanece semelhante. Com isso, observa-se que o misturador influenciou na porosidade aberta das argamassas aditivadas e não influenciou na argamassa mista.

Analisando a porosidade total das misturas, vê-se que estão diretamente relacionadas com a densidade no estado endurecido pois foram obtidas através deste parâmetro. É importante ressaltar que a argamassa com incorporador de ar apresentou porosidade total de 38% quando realizada na argamassadeira, valor bem elevado visto que Carasek [15] estabelece que argamassas com teores de até 20% podem favorecer a aderência. Com isso, é importante avaliar se a elevada porosidade não afetará as propriedades mecânicas da argamassa, como a aderência.

Figura 3 - Resultados de Porosidade aberta e total



Fonte: Autores, 2019.

Quando a porosidade total e a porosidade aberta são comparadas, percebe-se que as amostras possuem uma porosidade aberta bem mais elevada que a porosidade total, sendo esta relação mais evidente na argamassa com Cal, o que demonstra que apesar da porosidade ser baixa, os poros estão altamente interconectados. Esta relação mantem-se para a argamassa com plastificante e para a argamassa com retentor, diminuindo gradualmente. Na argamassa com incorporador de ar (I) esta relação inverte, sendo a porosidade total maior que a porosidade aberta, mostrando que o aditivo foi eficiente em incorporar ar e estabilizar as bolhas de ar, resultando em um sistema com poros menos interconectados.

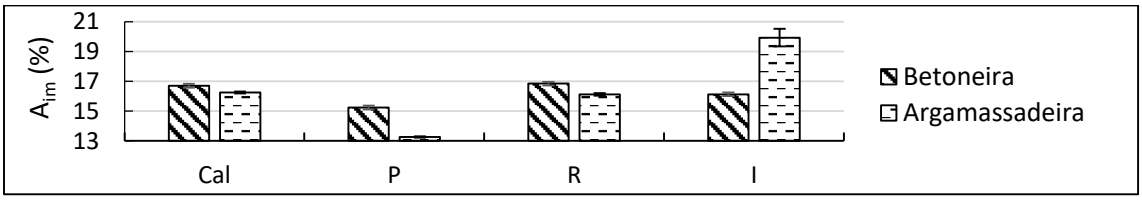
3.4. Absorção por imersão

É possível observar nos resultados de absorção, na Figura 4, que os valores, tanto na argamassadeira como na betoneira, seguem o mesmo padrão da porosidade aberta salientado no item 3.3, contudo a argamassa com incorporador de ar apresenta uma absorção mais elevada quando feita na argamassadeira (25%) sendo que a elevação da porosidade aberta foi de apenas 9%.

Esta propriedade é mais influenciada pela troca do misturador nas amostras com incorporador (I) e com plastificante (P), aumento de 25% e redução de 13% respectivamente em relação a betoneira para a argamassadeira. A argamassadeira favoreceu para uma menor absorção por imersão da argamassa P e prejudicou a absorção por imersão da argamassa I, a argamassa

com Cal e a argamassa R obtiveram resultados semelhantes nos dois misturadores. Ressalta-se que quanto maior a absorção por imersão pior para a argamassa, pois pode ser prejudicada pela penetração de agentes deletérios à estrutura.

Figura 4 - Resultados de Absorção por imersão (A_{im})



Fonte: Autores, 2019.

Observa-se que a argamassadeira favorece a diminuição da absorção por imersão, sendo assim o melhor misturador para esta propriedade, excetuando a argamassa com incorporador (I) feita na argamassadeira que apresentou elevada porosidade total que pode ter influenciado no aumento da absorção. Pois, caso o limite de refinamento de bolhas seja ultrapassado pode ocorrer um aumento das bolhas que pode ser danoso as propriedades do revestimento [16].

4. CONCLUSÃO

Ao avaliar a consistência e os índices físicos das argamassas conclui-se que a utilização da cal, neste estudo, com o intuito de plastificar a argamassa, é menos satisfatória do que a utilização do aditivo plastificante e do incorporador de ar. Observou-se que para uma argamassa na betoneira obter um mesmo espalhamento que uma argamassa na argamassadeira é necessário acrescentar mais água, pois apresentavam-se mais secas, e isso afeta negativamente a estrutura do material, aumentando a porosidade. Com isso, a argamassa mais adequada para a utilização, com melhor consistência e com menor quantidade de água é a argamassa feita na argamassadeira. Apesar do método *Flow-Table* apresentar consistências semelhantes para a argamassa com incorporador de ar (I) e com plastificante (P), observou-se visualmente que não eram semelhantes, visto que I era mais leve e mais fácil de misturar do que P. As argamassas mais densas (Cal e P) obtiveram menor densidade quando misturadas na betoneira e as argamassas menos densas, quando misturadas na argamassadeira. Sendo a argamassa I, feita na argamassadeira, a mais leve de todas, pois o tipo de misturador favoreceu uma maior incorporação de ar pelo aditivo. Todas as argamassas aumentaram a porosidade aberta quando misturadas na betoneira, exceto a argamassa I. Contudo, a argamassa I dosada na argamassadeira apresentou porosidade elevada (38%) o que poderia inviabilizar a sua utilização. Todas as argamassas aumentaram a absorção por imersão quando dosadas na betoneira, exceto a com incorporador de ar, ou seja, o misturador tem grande influência no estado fresco da argamassa e com isso altera os índices físicos, no estado endurecido.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ROMANO, R. C. O. **Incorporação de ar em materiais cimentícios aplicados em construção civil: Cimentícios aplicados em construção civil**. Tese (Univerisidade de São Paulo). São Paulo. 2013.

2 NETO, A. S. J.; SILVA, S. V. **Influência da sequência de misturas nas propriedades das argamassas industrializadas**. XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo: [s.n.]. 2017.

3 ROMANO, R. C. O. Impacto do tipo de misturador e do tempo de mistura nas propriedades de argamassas industrializadas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. IX, n. 4, p. 109-111, Outubro/Dezembro 2009.

4 SANTOS, W. J. D. **Desenvolvimento de Metodologia de Dosagem de Argamassas de Revestimento e Assentamento**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 179. 2014.

5 SOUSA, J. G. G. D.; LARA, P. L. D. O. Reologia e trabalhabilidade das argamassas. In: BAUER, E. **Revestimentos de argamassa:** Características e peculiaridades. Brasília: [s.n.], 2007. p. 23-29.

6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro. 2009.

7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro. 2005.

8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido**. Rio de Janeiro, p. 2. 2005.

9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro. 2009.

10 BAUER, E.; SOUSA, G. G. J.; GUIMARÃES, E. A. **Estudo da consistência de argamassas pelo método de penetração estática de cone**. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas/ I International Symposium on Mortar Technology. Flrianópolis: [s.n.]. 2005. p. 95-105.

11 SILVA, R. P.; BARROS, M. M. S. B.; JOHN, V. M. **Influência do método de mistura na produção de argamassas com fibras**. VII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. [S.l.]: [s.n.]. 2015. p. 14.

12 SILVA, R. P. et al. **Avaliação do comportamento da argamassa no estado fresco através dos métodos de mesa de consistência, dropping ball e squeeze flow**. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Florianópolis: [s.n.]. 2005. p. 15.

13 KHUDHAIR, M.; YOUBI, M. S. E.; ELHARFI, A. Study of the influence of a high water-reducing super plasticizer and accelerator of setting time on the physical properties and mechanical performance of. **Research Journal of Pharmaceutical , Biological and Chemical Sciences**, 2017. ISSN 0975-8585.

14 IZAGUIRRE, A.; LANAS, J.; ÁLVAREZ, J. I. Characterization of aerial lime-based mortars modified by the addition of two different water-retaining agents. **Cement and Concrete composites**, p. 309-318, 2011.

15 CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010. Cap. 28.

16 RATH, S. et al. Improving the stability of entrained air in self-compacting concrete by optimizing the mix viscosity and air entraining agent dosage. **Contruction and Building Materials**, p. 531-537, 2017.