



ARGAMASSA ESTABILIZADA CONTENDO ADIÇÕES POZOLÂNICAS

Tema: Inovação em argamassas e revestimento.

IRANILZA C. DA SILVA¹, CAROLINA M. DE ALMEIDA², FLÁVIA M. MELO³, ALINE F. NÓBREGA⁴,
ARNALDO M. P. CARNEIRO⁵

¹ Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, iranilza.costa@ufpe.br

² Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, carolina.marinho@estudante.ufcg.edu.br

³ Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, flavia.medeiros@estudante.ufcg.edu.br

⁴ Profª. Drª., Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, aline.figueiredo@professor.ufcg.edu.br

⁵ Prof. Dr., Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, arnaldo.carneiro@ufpe.br

RESUMO

O uso dos resíduos da construção civil, como o tijolo cerâmico moído (RTM) e o Metacaulim (MC) como materiais de construção tem apresentado grande potencial. Nesse contexto, este artigo buscou analisar a adição de resíduo de RTM e MC como substituição parcial (10 e 20%) do cimento Portland em argamassas estabilizadas, tanto no estado fresco como no endurecido. As misturas foram analisadas para 2 tempos de estabilização (0hrs e 48hrs). As argamassas contendo 20% de RTM e MC apresentaram acréscimo de 11,1% e 61,4% da resistência à compressão em relação a mistura de referência às 48hrs, respectivamente.

Palavras-chave: Estabilização, Resistência à compressão, Metacaulim.

STABILIZED MORTAR CONTAINING POZZOLANIC

ABSTRACT

The use of construction waste has been the subject of studies of many researches and it has been observed that many of these wastes have the potential to be used as construction materials. In this context, this paper sought to analyze the incorporation of ground ceramic brick waste (RTM) and Metakaolin (MC) as partial replacement (10 and 20%) of Portland cement in stabilized mortars. The mixtures were analyzed for 2 stabilization times (0hrs and 48hrs). The mortars containing 20% of RTM and MC showed an increase of 11.1% and 61.4% of compressive strength compared to the reference mixture at 48hrs, respectively.

Key-words: Stabilization, Compression strength, Metakaolin.



1. INTRODUÇÃO

As argamassas estabilizadas são argamassas dosadas em centrais e comercializadas já prontas para o uso, podendo preservar suas propriedades frescas por até 72 horas devido a utilização de aditivos incorporador de ar (AIA), que atua sobre a plasticidade e trabalhabilidade da argamassa, e estabilizador de hidratação (AEH), que atua no controle de hidratação do cimento, inibindo sua reação enquanto a argamassa estiver saturada de água. ⁽¹⁾⁽²⁾

Atualmente, os materiais pozolânicos já se fazem presentes em grande parte dos concretos e argamassas empregados no mundo, permitindo tanto a redução do impacto ambiental e econômico, como também melhorias relacionadas a durabilidade.⁽³⁾ Nesse sentido, o metacaulim e os resíduos da indústria de tijolos cerâmicos vem sendo explorados na literatura para uso em argamassas e concretos, como materiais pozolânicos. Entretanto, estudos envolvendo esses materiais (MC e RTM) em argamassas estabilizadas são poucos difundidos.

Logo, diante desse cenário, este artigo analisou as propriedades das argamassas estabilizadas com substituição parcial do Cimento Portland por resíduos de tijolos cerâmicos moídos e metacaulim, verificando o seu comportamento no estado fresco e endurecido, observando de acordo com as propriedades analisadas a possibilidade de utilizar a argamassa para assentamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As argamassas produzidas foram compostas por cimento Portland (CP V–ARI), areia natural seca (A), resíduo de tijolo cerâmico moído (RTM), água, aditivo estabilizador de hidratação (AEH) e aditivo incorporador de ar (AIA). A Tabela 1 apresenta as características físicas dos materiais.

Tabela 1 – Características físicas dos materiais

Ensaio/ Materiais	CP-V	RTM	MC	Areia	AIA	AEH
Massa Unitária (g/cm ³) - NBR 16972:2021 ⁽⁴⁾	0,89	0,730	0,491	1,67	-	-
Massa Específica (g/cm ³) - NBR 16605:2017 ⁽⁵⁾	2,92	2,58	2,59	2,62	1,1*	1,14*

(*) Dados fornecidos pelos fabricantes dos aditivos.

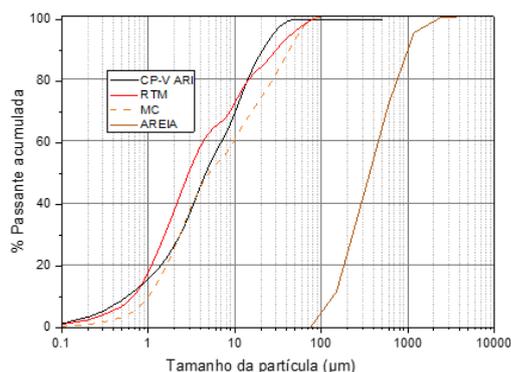
De acordo com os resultados da análise química, o CP-V ARI está de acordo com os requisitos previsto na NBR 16697:2018. ⁽⁶⁾ Em relação ao RTM e ao MC, ambos são classificados como materiais pozolânicos de classe N, de acordo com a NBR 12653:2014. ⁽⁷⁾

A figura 1, mostra as curvas granulométricas da Areia natural seca em estufa, do CP-V ARI, MC e do RTM, os resultados das granulometrias a laser do RTM e MC foram obtidos do estudo de



Oliveira⁽⁸⁾, que utilizou os mesmos materiais. O método utilizado foi de dispersão integrada seco com o granulômetro do modelo CILAS 1090.

Figura 1 – Curva granulométrica de RTM, MC, CP-V ARI e da Areia.



Através das curvas granulométricas (Figura 1) do CP-V ARI e do MC pode-se concluir que as maiores partículas dos dois materiais apresentam dimensões aproximadamente de 50 µm. Já as maiores partículas o RTM apresenta dimensão máxima de 56 µm. Além disso, é possível observar na Figura 1, que a areia utilizada possui maior concentração de grãos entre 0,15 e 0,3 mm. O diâmetro máximo dos grãos é de 1,2 mm e ela apresenta um módulo de finura de 2,56.

A preparação das argamassas estabilizadas incluiu uma mistura de referência (sem adição pozolânica) e outras contendo as adições de até 20% de RTM, em relação a massa do aglomerante. O traço de referência utilizado foi de 1:5,804, em massa, (aglomerante:areia), 0,044% de AIA e 0,916% de AEH, em massa, traço fornecido por concreteira local. O procedimento de misturas de argamassas foi realizado conforme a NBR 16541:2016⁽⁹⁾.

Tabela 2 – Identificação das misturas analisadas

Argamassa	CP-V (g)	Areia (g)	RTM (g)	MC (g)	AIA (g)	AEH (g)	Água (g)
REF	1312,47	7617,58	0	0	0,577	12,022	1273,1
10RTM	1180,95	7617,58	131,22	0	0,577	12,022	1367,8
20RTM	1049,74	7617,58	262,43	0	0,577	12,022	1456,7
10MC	1180,95	7617,58	0	131,22	0,577	12,022	1367,8
20MC	1049,74	7617,58	0	262,43	0,577	12,022	1456,7

Todas as misturas de argamassas foram moldadas em recipientes prismáticos (4 x 4 x 16) cm conforme normas vigentes. A moldagem ocorreu para os tempos de estabilização, 0hrs e 48hrs. As misturas foram armazenadas em recipientes de PVC, em local protegido do sol e

vento, com uma lâmina de água de 3cm e após endurecidas foram desmoldadas e colocadas em cura úmida até a idade de 28 prosseguindo-se então com as análises no estado endurecido.

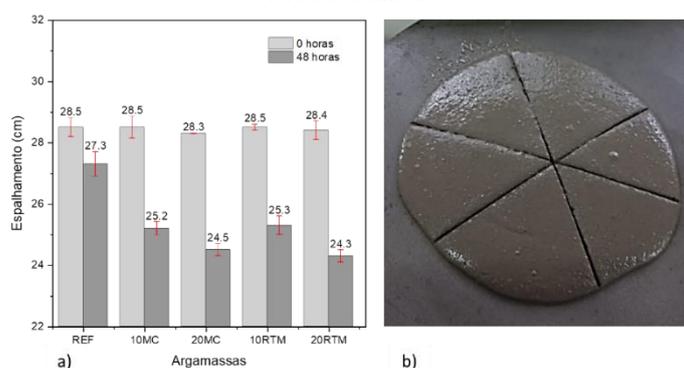
As misturas foram analisadas no seu estado fresco e endurecido. As propriedades avaliadas no estado fresco foram: trabalhabilidade, densidade de massa fresca. A trabalhabilidade consistiu segundo o ensaio da mesa de consistência ou “*Flow Table*”, conforme a NBR 13276:2016.⁽¹⁰⁾ As determinações da densidade de massa fresca e do teor de ar incorporado foram realizadas de acordo com os procedimentos da NBR 13278:2005.⁽¹¹⁾ A propriedade avaliada no estado endurecido foi resistência à compressão axial, conforme as normas NBR 13279:2005.⁽¹²⁾

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Consistência das argamassas

Para análise da consistência das argamassas foi fixado um índice de espalhamento de 280 ± 5 mm e realizados as medições em três direções para cada mistura, conforme a NBR 13276:2016.⁽¹⁰⁾ Desse modo, a quantidade de água foi determinada por meio de tentativas até obter um valor nessa faixa. A Figura 2 (a) apresenta os espalhamentos das misturas analisadas e a Figura 2 (b) mostra o espalhamento da mistura 10MC na mesa de consistência.

Figura 2 – (a) Consistência das argamassas; (b) Argamassa estabilizada contendo 10% de metacaulim.



De acordo com a Figura 2 (a), é possível observar que as reduções do espalhamento nas misturas com adições de RTM e MC foram superiores em relação a argamassa de referência, isto é, a argamassa de referência teve uma diminuição de 4,2% do seu espalhamento em 48hrs em relação ao seu espalhamento em 0hrs, Já as misturas contendo 10% e 20% de MC apresentaram um decréscimo de 11,6% e 13,4% às 48hrs de estabilização, respectivamente, e as amostras 10RTM e 20RTM tiveram reduções de 11,2% e 14,4% às 48hrs de estabilização, respectivamente. Em consonância com o observado por Matos (2013) e Barbosa (2006) O fato

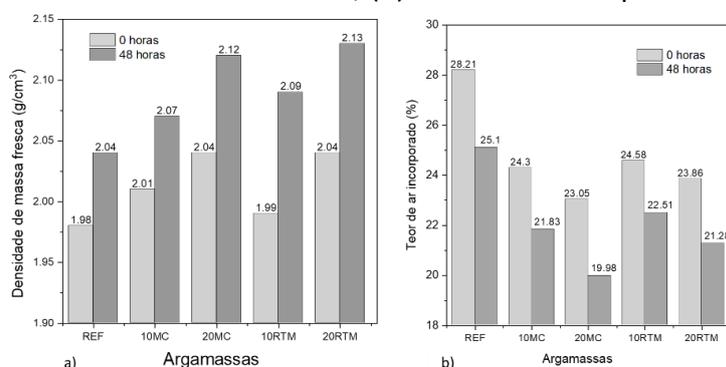


das amostras de referência apresentarem resultados inferiores as amostras de RTM e MC em todas as horas de estabilização, podem estar relacionados a estrutura lamelar no caso do metaculim e as reações de hidratação que se processam de forma mais lenta que o usual cimento portland. Além disso, comparando as amostras contendo metacaulim e resíduos de tijolos cerâmicos moídos, nota-se que as misturas com 20% de RTM apresentam uma redução mais notória com as horas de estabilização, comportamento semelhante ao observado pelos estudos de Lucas (2003) no qual, segundo o autor o RTM pode ser responsável pela redução no espalhamento, pois possui uma alta capacidade de absorção de água. Outra possível justificativa para esse resultado seria a quantidade de aditivo utilizado que não foi adequada para dar trabalhabilidade a amostra. Já as amostras contendo 10% de MC e 10% de RTM demonstraram um comportamento semelhante de redução (cerca de 11%) da consistência ao longo do tempo de estabilização.

3.2. Densidade de massa fresca e teor de ar incorporado

A Figura 3 (a) apresenta as densidades de massa fresca e a Figura (b) os teores de ar incorporado das argamassas analisadas.

Figura 3 – (a) Densidade de massa fresca; (b) Teor de ar incorporado das argamassas.



De acordo com a Figura 3 (a), é possível notar o aumento da densidade de massa nas misturas com RTM e MC em relação a amostra de referência, destacando principalmente esse aumento para as misturas contendo 20% de MC e RTM com 48hrs de estabilização. Assim, as argamassas com 20% de RTM e MC apresentaram um aumento de 3,9% e 4,4%, respectivamente, das densidades de massa em 48hrs em relação a amostra de referência, isto pode ter ocorrido devido ao fato do MC e do RTM apresentarem uma granulometria mais fina, facilitando a redução do ar incorporado nas argamassas.

De acordo com os resultados (Figura 3 (b)) obtidos, as misturas REF, 20MC e 20RTM apresentaram reduções de 11%, 13,3% e 10,8% do seu teor de ar incorporado em 48hrs em relação ao tempo de estabilização de 0hrs, respectivamente. Além disso, é possível observar

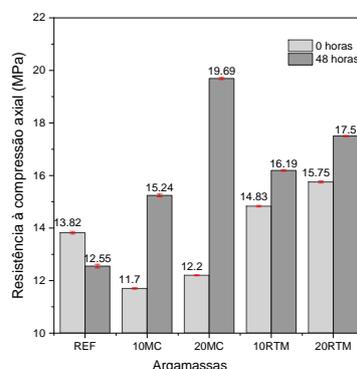


uma tendência de redução do teor de ar incorporado e um aumento da densidade de massa das argamassas com o aumento do tempo de estabilização, isto pode ter sido ocasionado pela redução de espaços vazios gerados devido ao assentamento das partículas.

3.3. Resistência à compressão axial

Para a determinação da resistência à compressão das argamassas foram analisados 6 corpos de prova para cada mistura. A Figura 4 apresenta as resistências à compressão axial das argamassas analisadas ensaiadas aos 28 dias.

Figura 4 – Resistências à compressão axial das argamassas analisadas.



De acordo com os resultados apresentados na Figura 4, a argamassa de referência teve um decréscimo de 9,2% da sua resistência a compressão axial em 48hrs em relação ao tempo de estabilização de 0hrs. A autora Bellei (2019) também observou semelhante comportamento em seus estudos, denotando a possibilidade do ar incorporado nessas argamassas ser maior, assim essa propriedade pode ser afetada. Já as misturas com 10% de MC e RTM apresentaram um aumento de 30,3% e 9,2%, respectivamente, da resistência a compressão axial às 48hrs em relação ao tempo de estabilização de 0hrs.

Na figura 4, é possível notar uma tendência de aumento na resistência à compressão das argamassas em função do tempo de estabilização para as argamassas contendo RTM e MC, assim como observado anteriormente por estudos de Cruz (2019). Com uma resistência maior as misturas com adições de 20%. Assim, as misturas 20RTM e 20MC apresentaram um aumento de 11,1% e 61,4%, respectivamente, da resistência à compressão em 0h em relação a resistência à compressão em 48h, nas misturas.

4. CONCLUSÃO

As argamassas com as adições pozolânicas apresentaram um aumento da densidade de massa no estado fresco com o aumento da proporção de MC e RTM na mistura. Além disso, as misturas com substituição parcial do cimento Portland por 20% de MC e RTM apresentaram



um aumento de 61,4% e 11,1%, respectivamente, da resistência à compressão axial em 48 horas em relação a resistência à compressão axial da mistura de referência para o mesmo tempo de estabilização.

Concluindo, portanto, que argamassas estabilizadas contendo metacaulim e resíduos de tijolos moído apresentaram propriedades satisfatórias e viabilidade para serem utilizadas para assentamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KEBHARD, Jonathan Mello; KAZMIERCZAK, Claudio de Souza. Avaliação do comportamento de uma argamassa estabilizada ao longo de seu tempo de estabilização. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 12., 2017, São Paulo. **Anais do Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**. São Paulo: SBTA, 2017.
2. CASALI, J. M.; et al. Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 14., 2017, São Paulo. **Anais do Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**. São Paulo: SBTA, 2017.
3. GOBBI, A. **Atividade pozolânica de adições minerais pelas NBR 5751/2012 e NBR 5752/2012: uma análise crítica a partir de métodos complementares**. 162 f. Dissertação de mestrado em Engenharia de Construção Civil (UFPR). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2014.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2021.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
8. OLIVEIRA, S. V. **Reologia de pastas cimentícias contendo adições minerais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2019.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.



-
10. 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.
 11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos –determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
 12. 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.
 13. BELLEI, Poliana e Caten, Andressa Ten. A avaliação do desempenho da argamassa estabilizada de 36 é 72 horas para o revestimento externo em diferentes tempos de utilização e modo de armazenamento. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**. Junho de 2019, pp 171-178.
 14. MATOS, Paulo Ricardo de. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis: s.n. 2013.
 15. CRUZ, J. S.; OLIVEIRA, F.M.d.c é CARNEIRO, A.M.P. A relação entre a resistência mecânica á compressão, o coeficiente de capilaridade, e a variação de massa das argamassas mistas de cal e metacaulim. Manutenção, reabilidade e restauro. **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**. Goiânia, GO.2019.
 16. BARBOSA, Fred R., MOTA, João M .F e P., CARNEIRO Arnaldo M. A influência do teor de adição metacaulim nas propriedades no estado endurecido: Capilaridade e resistência mecânica das argamassas inorgânicas para a recuperação de monumentos históricos. **Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC)**. 2006.