



IX Simpósio Brasileiro de
Tecnologia de Argamassas
17 a 20 de maio - Belo Horizonte - Minas Gerais

Argamassas inorgânicas com adição de metacaulim

João Manoel de Freitas Mota (1); Helena Carasek (2); Angelo Just da Costa e Silva (3); Fred Rodrigues Barbosa (4); Anderson Feitosa (5); Warlla Santos (6)

(1) Professor da Faculdade do Vale do Ipojuca – FAVIP; Doutorando da UFPE. E-mail: joao@vieramota.com.br

(2) Professora Doutora da Universidade Federal de Goiás. E-mail: hcarasek@gmail.com

(3) Professor Doutor da Universidade Católica de Pernambuco. E-mail: angelo@tecomat.com.br

(4) Professor da Faculdade do Vale do Ipojuca – FAVIP; E-mail: fredbarbosa@compesa.com.br

(5) Aluno de iniciação científica da Faculdade do Vale do Ipojuca – FAVIP. E-mails: andersonfeitosa25@hotmail.com

(6) Aluna de iniciação científica da Faculdade do Vale do Ipojuca – FAVIP. E-mails: warllawilson@hotmail.com

RESUMO

As fachadas de edifícios revestidas com argamassa inorgânicas são locais de ocorrência de muitos problemas, principalmente destacamentos, retração, desagregação superficial, dentre outras. O elevado índice de porosidade encontrado na interface base/argamassa é, certamente, uma das origens para algumas dessas patologias. Com isso, pesquisas diversas vêm sendo desenvolvidas no sentido de avaliar o comportamento da adição de pozolanas para a obtenção de um maior empacotamento da mistura e redução da porosidade, em decorrência de fenômenos físico-químicos e de uma maior extensão de aderência da argamassa. O presente trabalho objetiva avaliar a influência da pozolana metacaulim em argamassas inorgânicas por meio de estudos experimentais. Foram avaliadas propriedades relacionadas com a resistência mecânica (resistência à compressão e tração por compressão diametral) e durabilidade (absorção total) aos 28 dias e 90 dias. Os

resultados indicam que a adição da pozolana metacaolim acrescenta melhorias nas argamassas estudadas.

Palavras-chave: Argamassas, pozolana, durabilidade.

Inorganic mortar produced with metakaolin

ABSTRACT

Building facades covered with inorganic mortar have presented many problems, mainly detachments, shrinkage, surface breakdown, among others. One factor that greatly contributes to these diseases is the high rate of porosity found in the substrate-mortar interface. To understand these problems and mitigate their consequences, research has been developed to demonstrate that the addition of pozzolans in cementitious matrices promotes greater packing of the mixture and reduction of porosity, due to physical and chemical phenomena and to a greater degree of adhesion of the mortar. This paper assesses the influence of metakaolin pozzolan in inorganic mortar through experimental studies. We assessed properties related to mechanical resistance (tensile and compressive strength by diametrical compression) and durability (total absorption) after 28 days and 90 days. The results indicate that the addition of pozzolan metakaolin brings about improvements in masonry mortars.

Key-words: Mortars, pozzolan, durability.

1. INTRODUÇÃO

Diversas patologias são identificadas em revestimentos internos e, de forma mais preocupante, em revestimentos externos. A deficiência na extensão de aderência em decorrência de um elevado grau de porosidade passa a ser reponsável por um alto índice de destacamentos das argamassas no seu contato com a base⁽¹⁾. Portanto, torna-se necessário investigar aspectos que determinem a redução dos poros, fundamentalmente, na interface substrato/argamassa.

Diversas pesquisas mostram que a adição de pozolanas em materiais cuja matriz é cimentícia provoca um maior empacotamento da mistura, deixando-a mais densa, o que gera uma redução natural da porosidade desde a interface (devido ao efeito parede) até a superfície⁽²⁾.

Assim, o presente artigo tem por objetivo avaliar a influência da pozolana metacaulim em argamassas inorgânicas por meio de estudos experimentais.

2. EFEITO DAS ADIÇÕES NAS ARGAMASSAS

Uma das opções de adição de pozolanas em compostos cuja matriz é cimentícia (argamassas; concretos) é a metacaulim. Esta pozolana é originada das argilas caulínicas e do caulim, moídos e calcinados a temperaturas médias entre 600^oC e 900^oC. Predominantemente observa-se silicato de alumínio hidratado [Al₂Si₂O₅(OH)₄], onde a perda dos íons hidroxila de sua estrutura cristalina em altas temperaturas transforma-se em metacaulinita (Al₂Si₂O₇), composto amorfo com a forma das partículas lamelares e de elevada finura^(3; 4).

Sabe-se que a alta superfície específica contribui favoravelmente com os aspectos reológicos, melhorando a trabalhabilidade, haja vista otimização da curva granulométrica da pasta, promovendo maior retenção de água e coesão, com redução da exsudação e da segregação^(4; 5).

Essas melhorias possibilitam um incremento na durabilidade e no desempenho dos materiais cimentícios, quando comparados aos mesmos materiais sem adição⁽⁶⁾.

A pozolana se posiciona entre as partículas de cimento, preenchendo os vazios (efeito físico – *filler*), e se transforma em C-S-H (efeito químico) quando combinada com o hidróxido de cálcio. O fenômeno físico explica a diminuição do teor de vazios, pois ocorre enquanto não se iniciam as reações pozolânicas, tendo em vista preenchimento dos espaços existentes que seriam ocupados pelo ar⁽⁷⁾.

A respeito da aderência entre argamassas e substratos cerâmicos, observa-se que a dissolução dos produtos de hidratação do cimento e da cal no interior dos poros do substrato promove o surgimento de cristais de etringita, produzindo a ancoragem mecânica^(5; 8).

Em que pese tal observação, estudos posteriores concluíram que a extensa rede fibrosa entrelaçada de C-S-H crescendo na superfície e interior da alvenaria é a principal responsável pela aderência mecânica da argamassa/substrato⁽⁸⁾.

Sabe-se que a adição de materiais pozolânicos em argamassas tende a incrementar o desempenho mecânico em até 2,75 vezes, em especial na resistência de aderência de argamassas inorgânicas⁽⁹⁾.

Importante destacar que o cimento contribui de maneira significativa nas propriedades mecânicas das argamassas, com destaque para a relação água/cimento, que é inversamente proporcional às resistências mecânicas⁽¹⁰⁾.

Outras pesquisas também apresentam substanciais incrementos nas propriedades mecânicas relacionadas com a durabilidade de argamassas produzidas com adições de pozolanas como o Metacaulim e a sílica ativa. Nesse trabalho^(9; 10), observou-se a influência da adição de sílica de casca de arroz na aderência de chapiscos e argamassas. Portanto, concluiu-se que os chapiscos de baixa relação água/cimento, apresentaram ganhos significativos na aderência, mais relevantemente quando adicionados com 5%, uma vez que se possibilita uma maior compacidade, gerando ligações mais efetivas entre o chapisco e a base.

3. METODOLOGIA E MATERIAIS

3.1. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido a partir da preparação de quatro famílias de argamassas mistas inorgânicas, a saber: cimento, cal hidratada, areia e relação água/ligante (proporção, em volume, de 1:1:6:1,5). A família 1 – foi composta sem adição da pozolana metacaulim (referência). A família 2 – foi composta com 10% de metacaulim em substituição a massa de cimento. A família 3 – com 15% de metecaulim em substituição a massa de cimento e a família 4 - com 20% de adição de metacaulim em substituição a massa de cimento.

Avaliou-se a resistência à compressão axial, além da tração por compressão diametral e absorção total com corpos de prova cilíndricos de 5 cm x 10cm, e também a resistência de aderência à tração.

Nos ensaios de compressão axial, tração por compressão diametral e resistência de aderência à tração utilizou-se 15 corpos de prova por idade, sendo todos ensaiados aos 28 e 90 dias; a exceção ficou por conta do ensaio de resistência de aderência à tração, tendo em vista que este ensaio apenas se realizou aos 90 dias. Na absorção de água por imersão utilizou-se 6 corpos de prova nas idades 28 e 90 dias.

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado com o corte da argamassa em forma quadrada com posterior colagem com epóxi das chapas metálicas de 10cm x 10cm. Após essa operação, efetuou-se a ruptura após 24 horas da colagem das chapas. Para a confecção do substrato relativo a este ensaio

providenciou-se a execução de alvenaria de blocos cerâmicos de vedação, e sobre esta alvenaria foi aplicado chapisco, sendo que em uma das faces da alvenaria o chapisco foi aplicado de forma tradicional (proporcionalidade 1:3:1, cimento:areia grossa:relação água/ligante, em volume) e na outra ele foi aplicado com uma adição de 5% de metacaulim em substituição ao cimento do chapisco.¹

3.2. Materiais utilizados na pesquisa

- Aglomerantes: Utilizou-se cimento CP II-F-32 e cal hidratada CH-I, comumente empregado em obras da região;
- Adições: A metacaulim utilizada foi produzida industrialmente na Região Metropolitana do Recife, tendo como origem uma argila caulinítica de alta reatividade, com as seguintes características básicas (fornecido pelo fabricante): Cor branca; Densidade de massa específica 2,49 g/cm³ e Densidade de massa Aparente – 0,43 g/cm³;
- Agregados miúdos: Foi utilizada areia natural de natureza quartzosa amplamente encontrada na Região da Cidade de Caruaru – PE. Esse material foi caracterizado pela densidade de massa específica e aparente, determinação da curva granulométrica e coeficiente de uniformidade de acordo com o método de Allen-Hazem. Este método relaciona $C=d_{60}/d_{10}$, significando a equivalência da percentagem passante de material;

A Tabela 01 mostra características da areia natural, e a Figura 01 apresenta a sua curva da distribuição granulométrica.

Tabela 1 - Características da areia utilizada na pesquisa.

Dimensão Máxima Característica	2,36
Módulo de finura	2,15
Densidade aparente (g/cm ³)	1,63
Massa específica (g/cm ³)	2,56
Coeficiente de uniformidade	1,2

¹ Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Engenharia Civil – LEC, da Faculdade do Vale do Ipojuca – FAVIP (Caruaru, Pernambuco), como parte das pesquisas de iniciação científica desenvolvidas, ato contínuo, na instituição.

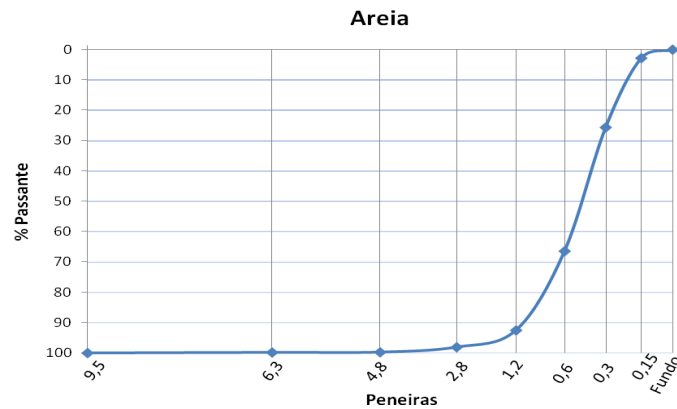


Figura 1 - Gráfico indicativo da curva granulométrica da areia utilizada no estudo.

- Blocos: A alvenaria de vedação foi executada em terreno ao lado do laboratório e teve blocos vazados cerâmicos com as seguintes características: medidas médias de comprimento, altura e largura (19,0cm; 9,5cm e 19,0cm); massa 2.510g; IRA (Initial Rate Absorption) 12,2 g/200cm²/min. e absorção total 12,3%;
- Água: A água utilizada foi proveniente da rede de abastecimento da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa). Verificou-se que o pH da água, no ato de sua utilização, estava próximo de 6,5.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Propriedades mecânicas

Os ensaios realizados apresentaram os resultados apresentados na Figura 2.

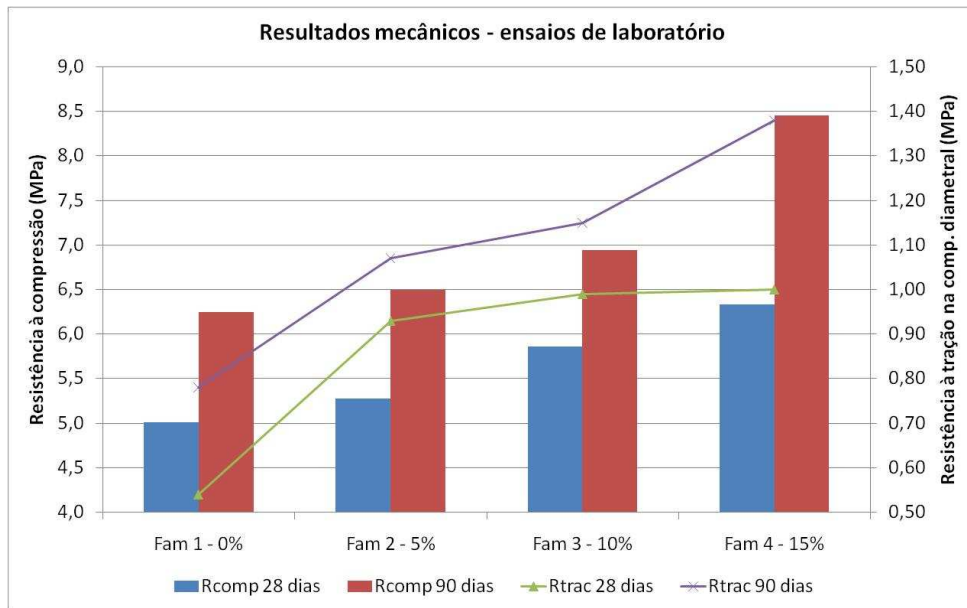


Figura 2 - Resultados mecânicos obtidos nos ensaios de laboratório

Verifica-se que crescimento da resistência à compressão apresenta valores mais significativos para as amostras que receberam a adição de metacaulim, quando comparadas com a amostra de referência, bem como, em relação ao tempo. Resultados satisfatórios também foram verificados para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral.

Os ensaios de resistência de aderência realizados nas paredes confeccionadas com blocos cerâmicos estão apresentados na Figura 3.

Verificou-se que houve crescimento da resistência de aderência à tração na medida em que cresceu o teor da adição da pozolana.

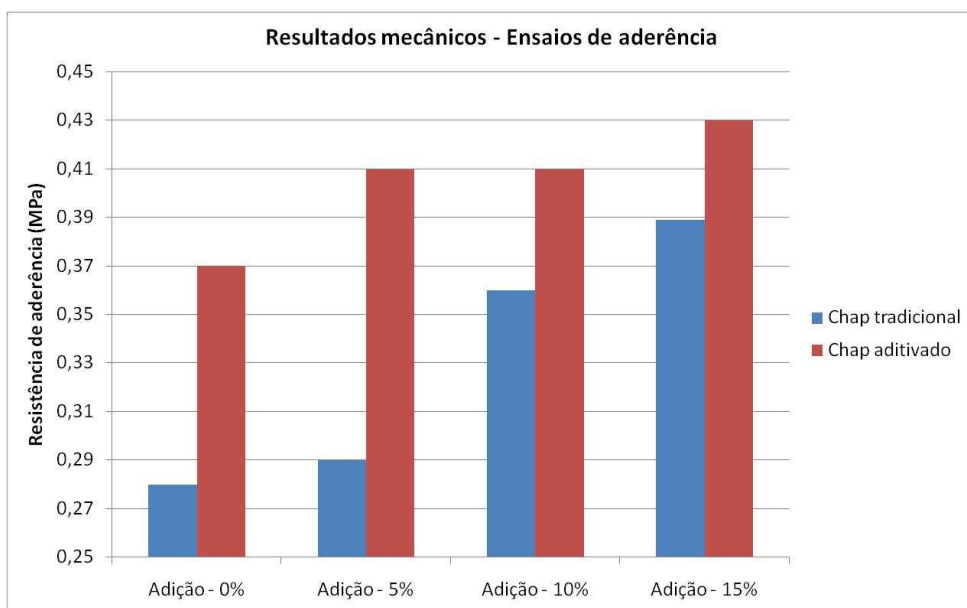


Figura 3 - Resultados mecânicos obtidos nos ensaios de aderência em campo

As Figuras 3a e 3b mostram o ensaio *in loco*.

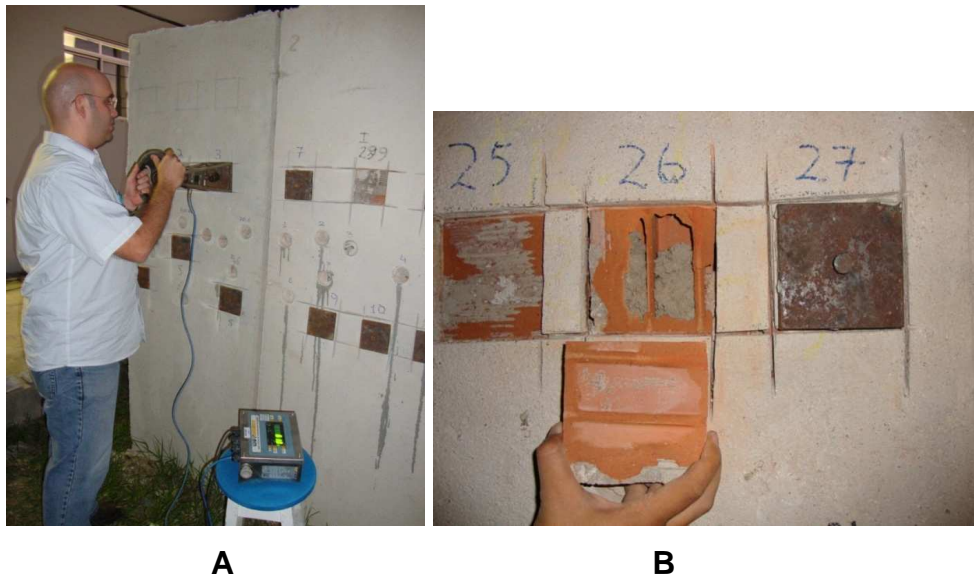


Figura 3 – Ensaio de resistência de aderência à tração

4.2. Propriedades relacionadas à durabilidade

Para a avaliação de aspectos relacionados à durabilidade foram realizados ensaios de absorção de água por imersão total, cujos resultados são apresentados na Figura 4.

No ensaio de absorção total não se verificou substancial redução por conta das adições. Pode-se inferir que as reações pozolânicas ocorrem em longos períodos, não se verificando, portanto, em 90 dias, significativo refinamento dos poros. Entretanto, também se pode dizer que a redução do teor de cimento foi mais relevante do que os benefícios da adição. Ademais, caso se utilizem aditivos plastificantes proporcionando redução da relação água/cimento, concomitantemente com as reações pozolânicas, deve-se verificar a redução da porosidade mais acentuada.

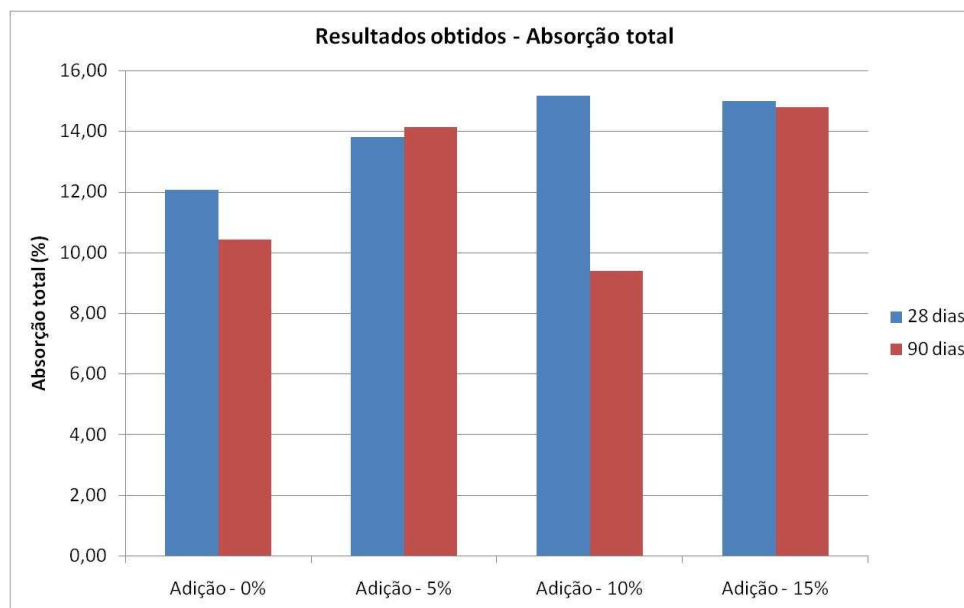


Figura 4 – Resultados dos ensaios de absorção total (média de 3 cp's por fam. e idade).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme resultados experimentais colhidos em laboratório, pode-se apresentar as seguintes considerações:

- Verificou-se na resistência à compressão um incremento máximo de 33,2% aos 90 dias (família 3 em relação à família 1 (referência)). Na família 2, verificou-se uma elevação da resistência de 51,7% (nos 90 dias em relação aos 28 dias). Poder-se-á inferir, analogamente, uma melhoria quanto à aderência, considerando a tendência da relação direta entre essas duas propriedades;

- Quanto à tração por compressão diametral, verificou-se um incremento da amostra de referência em relação à família 3 de 79,6% aos 28 dias. Contudo, o incremento máximo verificado foi na família 1, sendo 224,1% nos 90 dias em relação aos 28 dias. Pode-se dizer que, para idades maiores, as reações pozolânicas agiriam de forma mais eficiente, uma vez que, em idades menores, quem governa é, de fato, o aglomerante;

- Na absorção total se verificou parâmetros bem similares entre as famílias. Sabe-se que as reações pozolânicas ocorrem a longo prazo. Por conseguinte, em períodos maiores espera-se que sejam observados incrementos mais relevantes. Caso se utilizem aditivos plastificantes com o cunho de proporcionar redução da relação água/aglomerante, o refinamento da porosidade poderá ser ainda maior. Portanto, sugere-se novas pesquisas utilizando aditivo plastificante, objetivando

redução da relação água/aglomerante para obtenção de maiores incrementos nas propriedades de uma forma geral em argamassas com adição de pozolana.

6. REFERÊNCIAS

1. COSTA e SILVA, A. J. **Descolamento dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife**. Dissertação de mestrado, USP, São Paulo, 2001.
2. NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 2. ed. PINI. São Paulo, 1997.
3. DETWILER, R. J; BHATTY, J. I; BHATTACHARJA, S. **Supplementary cementing materials for use in blended cements**. 1996. 96p. Research and development bulletin RD112T, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, U.S.A.
4. SIDDIQUE, R.; KLAUS, J. **Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete: A review**. *Applied Clay Science*, Volume 43, Issues 3-4, March 2009, Pages 392-400.
5. CARASEK, H.; CASCUDO, O. ; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassas**. In: IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Brasília, 2001.
6. SILVA, V. S.; LIBORIO, J. B. L. **Avaliação do efeito da sílica extraída da casca do arroz na aderência de argamassas e chapiscos**. In: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de argamassas. São Paulo, 2003.
7. MOSEIS; ROJAS; JOSEPH COBRERA. **The effect of temperature on the hydration rate and stability of the hydration phases of metakaolion – lime – water systems**. School of Civil Engineering. University of Leeds, 2001.
8. SILVA, V. S.; LIBORIO, J. B. L.; SILVA, C. R. **Argamassas de revestimento com o emprego de pozolanas de argila calcinada**. In: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Vitória - ES, 1999.
9. TAHA, M. M. R.; SHRIVE, N. G. **The use of pozollans to improve bond and bond strength**. 9th Canadian masonry symposium. Canadá, 2001.
10. SILVA, V. S.; LIBORIO, J. B. L. **Análise microestrutural da interface chapisco/argamassa**. In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Florianópolis, 2004.