

Caracterização do resíduo de manta cerâmica usada para isolamento térmico e sua utilização na fabricação de argamassa

Characterization of the waste of ceramic blanket used for thermal insulation and its use in the manufacture of mortar

Luiz Alberto Baptista Pinto
Junior

*Mestrando em Engenharia
Metalúrgica e de Materiais,
Propemm-Ifes
E-mail: luizjrp@yahoo.com.br*

Estéfano Aparecido Vieira

*D. Sc., Professor do Mestrado
em Engenharia Metalúrgica e de
Materiais, Propemm-Ifes
E-mail: estefanovieira@ifes.edu.br*

Ricardo André Fiorotti
Peixoto

*D. Sc., Professor do Mestrado em
Engenharia Civil, CEFET-MG
E-mail: ricardofiorotti@yahoo.com.br*

José Roberto de Oliveira
*D. Sc., Coordenador do Mestrado
em Engenharia Metalúrgica e de
Materiais, Propemm-Ifes
Email: jroberto@ifes.edu.br*

Resumo

Esse trabalho tem os objetivos de caracterizar o resíduo de manta cerâmica, gerado no lingotamento contínuo dos aços, devido à diminuição da sua capacidade de isolamento térmico, e de estudar a viabilidade técnica da utilização desse resíduo na fabricação de argamassa. O resíduo foi submetido à análise química, difração de raios X e MEV e utilizado na preparação de argamassa. Foram feitas dosagens de 0%, 2%, e 6% em massa do resíduo, em substituição ao cimento, e realizado o ensaio de índice de consistência e compressão na argamassa. Dessa maneira, obtiveram-se resultados em três argamassas distintas. Os resultados indicam um aumento na resistência à compressão com adição do resíduo, em comparação com a argamassa-padrão, e o índice de consistência apresentou alterações pouco consideráveis.

Palavras-chave: Condutibilidade térmica, resíduo de manta cerâmica, argamassa.

Abstract

The goal of this study is to characterize the waste of ceramic blankets used in the thermal insulation of the continuous casting machine, which was generated due to the decrease in the capacity of thermal insulation. It also investigated the technical feasibility of the use of this waste as raw material to produce mortar. The waste was characterized by chemical analysis, X-ray diffraction, and SEM. Proportions of 0%, 2%, and 6% of the mass of the waste were used in substitution of cement in the production of mortar samples. Samples were tested to obtain the consistency index and mortar compression tests. The results indicate an increase in the compression resistance with the addition of waste in comparison with standard mortar. The consistency index was not affected by the additions.

Keywords: Waste, ceramic blanket waste, mortar.

1. Introdução

As mantas cerâmicas são produzidas a partir da fusão a 2400°C de grãos de alumina e de quartzo. Dessa mantas são gerados filamentos, que recebem sopro de ar, para uma maior formação de fibras, processo denominado “*Radial Blowing*” (Sopro Radial). Normalmente, faz parte da formulação a zirconita, para aumentar a refratariedade da manta (Unifrax, acesso em 11/11/2008). O resultado é um produto leve, flexível e totalmente inorgânico, obtido através de entrelaçamento dos filamentos das fibras.

Os equipamentos isolados com manta cerâmica são 75% mais leves que os refratários isolantes e 90 a 95% mais leves que os refratários densos. As principais vantagens dos materiais isolantes feitos com manta cerâmica são baixo peso; baixos valores de condutibilidade térmica, aproximadamente 0,46 W/m.K (Morganite, acesso em 11/11/2008), resistência a choques mecânicos; excelente estabilidade química, não sendo afetada pela maioria dos produtos químicos, com exceção dos ácidos fluorídricos, fosfóricos e alcalis concentrados.

O estudo apresentado, no presente trabalho, foi feito com a manta 1400, fabricada pela empresa Morganite. Essa manta possui ponto de fusão de 1760°C, calor específico de 1130 J/kg.K e diâmetro das fibras de 2,5 a 3,5 micrometros. A composição química da manta utilizada é: $Al_2O_3 = 35\%$; $SiO_2 = 50\%$; $ZrO_2 = 15\%$ (Morganite, acesso em 11/11/2008).

Na indústria siderúrgica, a manta cerâmica é consumida, em grande parte, pelo processo de lingotamento contínuo, como função de isolamento térmico da válvula submersa, conferindo proteção térmica ao distribuidor (chapa de borda). A válvula submersa deve ser aquecida antes do início de lingotamento do distribuidor a patamares acima de 900°C, para se evitar choque térmico e, ao se iniciar o lingotamento, deve estar com temperatura acima de 800°C. Para evitar a perda de temperatura, utiliza-se a manta cerâmica durante o aquecimento da válvula submersa como isolante tér-

mico. Ao concluir o aquecimento, uma parte da manta cerâmica é descartada e a outra (região superior) continua junto à válvula durante a operação.

Porém, tanto a manta usada na válvula, como a usada no distribuidor, precisam de ser trocadas constantemente, pois sua capacidade de isolamento térmico diminui com o uso. Essa diminuição é comprovada por um aumento na temperatura medida das chapas metálicas do distribuidor e por uma diminuição da temperatura medida do aço no interior da válvula submersa. Uma das possibilidades dessa diminuição seria a transição de uma estrutura amorfa para uma estrutura cristalina, que se dá, segundo informações do fabricante (Morganite, acesso em 11/11/2008), em torno de 900°C. Isto porque, nos materiais sólidos, a transferência de calor se dá, tanto através das ondas de vibrações do retículo (fônons), como através dos elétrons livres. Como nos materiais cerâmicos, que é o caso da manta, há uma carência de elétrons livres, pois as ligações atômicas são predominantemente iônicas, a condutividade térmica ocorre, principalmente, através dos fônons (Callister, 2002). Para um material que possui uma maior regularidade do arranjo dos retículos (estrutura cristalina), a propagação dessas ondas vibracionais é facilitada, se comparada com a de um material de estrutura amorfa, o que aumenta a capacidade do referido material em transportar o calor. Logo uma transição na estrutura atômica do material de amorfa para cristalina afetaria, de modo negativo, seu poder de isolamento térmico.

Alguns autores (AITCIN, 2000; Grande, 2003) estudaram a adição de resíduos contendo fibras cerâmicas na fabricação de materiais de construção e concluíram que o aumento na resistência mecânica que ocorre, nesses produtos, se deve à atividade pozolânica dessas fibras.

Esse trabalho, portanto, tem os objetivos de caracterizar o resíduo de manta cerâmica, gerado no lingotamento contínuo dos aços, e estudar a viabilidade técnica da utilização desse resíduo na fabricação de argamassa.

2. Materiais e métodos

Para a realização desse trabalho, foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- Aquisição e caracterização dos materiais a serem usados.
- Preparação dos corpos-de-prova.
- Realização dos ensaios mecânicos e físicos.

Os materiais usados nesse trabalho foram: cimento, cal hidratada, areia (agregado miúdo), água e resíduo de manta cerâmica.

Para a caracterização do resíduo, foram feitos difração de Raios X, MEV e EDS, e foi feita análise química para determinar a presença de ferro metálico no resíduo. O referido resíduo foi fornecido pela empresa Arcelor Mittal Tubarão.

A difração de raios X foi realizada no Departamento de Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade do Espírito Santo (UFES), o MEV e o EDS, na Arcelor Mittal Tubarão, e a análise química do material foi realizada no laboratório químico do Departamento de Metalurgia do Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo.

O cimento utilizado foi da marca Nassau tipo CPII-E (com adição de escória granulada de alto-forno), a areia foi cedida pelo Laboratório de Construção Civil localizado no IFES, sendo caracterizado como agregado miúdo comum fino pela ABNT, NBR 7217: 1982. A cal utilizada foi da marca Massical tipo CHI.

A caracterização do cimento e da cal foi apresentada pelo fornecedor em suas respectivas embalagens, portanto as caracterizações realizadas, nesse trabalho, foram da areia e do resíduo.

Foi utilizado o traço em volume de 1:2:9 (cimento, cal, areia).

Para a realização dos testes de resistência à compressão, foram utilizadas duas porcentagens de resíduo na argamassa: 2% e 6% em massa, em substituição ao cimento. Os dois testes foram comparados com uma amostra-padrão sem resíduo. Esses testes foram realizados de acordo com as normas ABNT NBR 13279:1995 e 7215: 2002.

Para os testes de determinação do índice de consistência, foi usado somente 6% de resíduo, pois este, como será mostrado posteriormente, foi considerado o limite máximo de utilização da manta. Para a preparação dos corpos-de-prova e realização dos ensaios, foi utilizada a norma ABNT NBR 13276:2002.

3. Resultados e discussão

3.1 Caracterização dos Materiais

3.1.1 Análise da difração de raios X

Para verificar se houve uma transição, na estrutura atômica, foi realizado um ensaio de difração de raios X, numa amostra da manta nova e em outra, após uso no processo de lingotamento contínuo. Os resultados obtidos podem ser observados nos difratogramas representados nas Figuras 1 e 2.

Através dos resultados obtidos, pode-se concluir que não houve uma transição na estrutura atômica, pois os dois difratogramas obtidos são característicos de uma estrutura amorfa. Uma possível explicação para isso seria que, apesar de o processo de lingotamento contínuo ocorrer em temperaturas em torno de 1400°C e a temperatura de transição vítrea da manta cerâmica ser de 900°C, a manta não absorveu calor suficiente para atingir a temperatura de transição, continuando amorfa. Pode-se afirmar, então, que a causa da diminuição da perda da capacidade de isolamento térmico da manta cerâmica não é a transformação em sua estrutura de amorfa para cristalina, pois esse fato não ocorre.

3.1.2 Análises da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Através de uma inspeção visual, foi notada a presença de pequenas esferas na manta cerâmica usada. Para identificar tais esferas, foi necessária uma análise mais criteriosa com o auxílio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Através das imagens geradas pelo MEV, pôde-se observar, de fato, a presença dessas esferas, como mostra a Figura 3.

Para caracterizar essas esferas, foi realizada uma análise EDS, cujo resultado se encontra representado na Figura 4. O gráfico mostra a grande presença de alumina e sílica, provenientes, provavelmente, do aglomerante utilizado na fabricação da manta, que é à base de silicatos. Esse aglomerante, na presença de temperaturas elevadas (em torno de 800°C), sinteriza-se, formando pequenas esferas como as mostradas na Figura 3(B). A presença dessas esferas diminui a porosidade da manta cerâmica usada, o que, conseqüentemente, diminui a sua capacidade de isolamento térmico. Este efeito se torna significativo, pois, quando ele ocorre, há uma diminuição na espessura do material em função da sua compactação na hora de sua instalação nos equipamentos.

3.1.3. Análise do resultado da determinação do teor de ferro metálico

Outra possibilidade da perda de isolamento térmico da manta cerâmica é a sua contaminação por partículas de ferro provenientes do processo de lingotamento contínuo. Nesse processo, podem ocorrer projeções de gotículas de aço e, como o material fica exposto ao aço líquido, pode acabar sendo contaminado. Como o ferro é um bom condutor de calor, com uma condutibilidade térmica de 80,2 W/m.K (Van Vlack, 1995), logo, esse elemento misturado com a manta cerâmica, cuja condutividade térmica é de, aproximadamente, 0,46 W/m.K (Morganite, acesso em 11/11/2008), como já citado, pode vir a prejudicar sua capacidade de isolamento térmico.

Para determinar se houve algum tipo de contaminação na manta pelo aço, foi feita uma análise química do teor de ferro metálico presente somente na manta cerâmica após ser usada no processo de lingotamento contínuo. Isto se dá porque a manta original não possui nenhuma fonte de ferro, conforme mostra sua composição química, que é de 35% de Al_2O_3 ; 50%

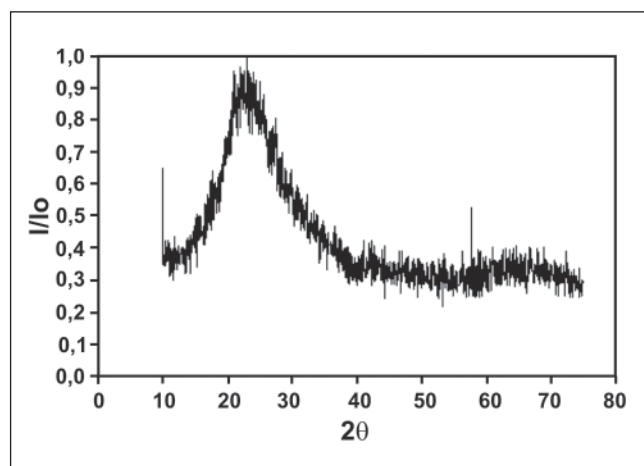


Figura 1 - Difratograma da manta cerâmica antes de ser usada no processo. Fonte: Autores

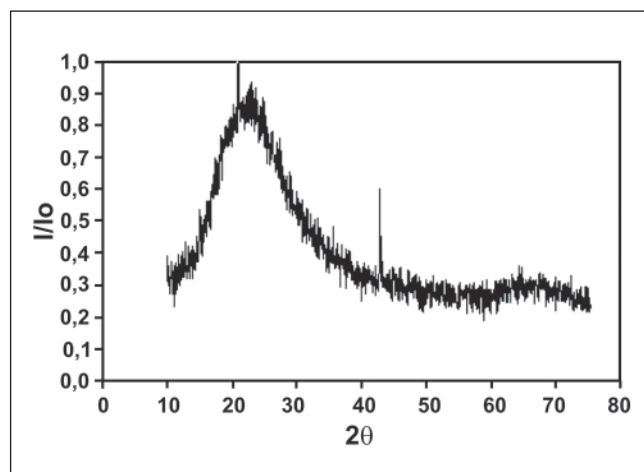


Figura 2 - Difratograma da manta cerâmica depois de ser usada no processo. Fonte: Autores.

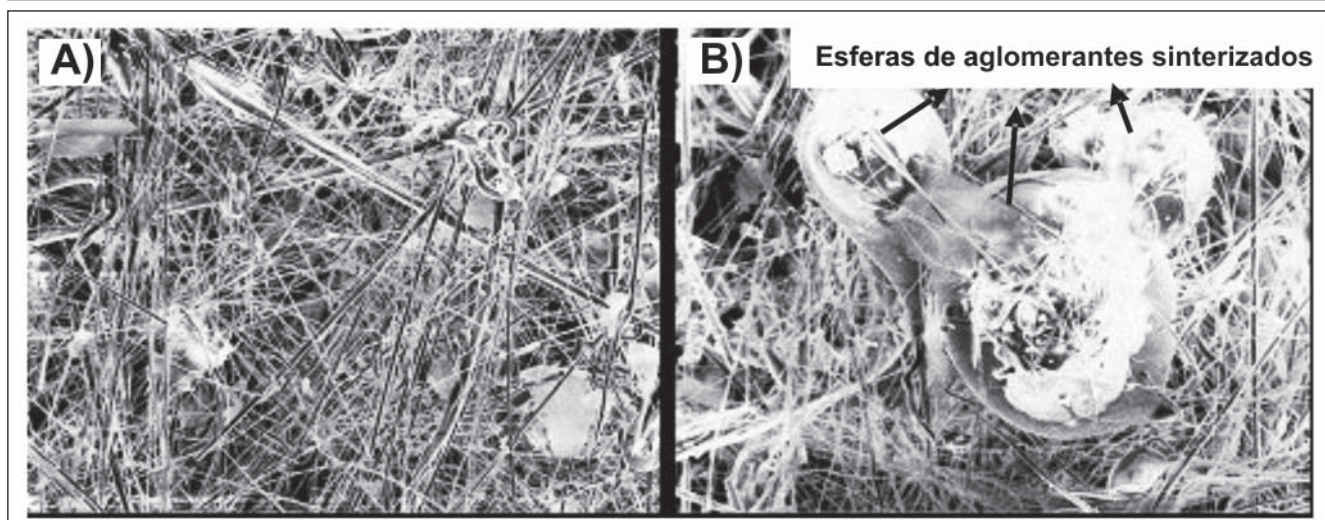


Figura 3 - MEV da manta cerâmica antes (A) e após (B) utilização - aumento de 100 X. Fonte: MEV - Arcelor Mittal Tubarão.

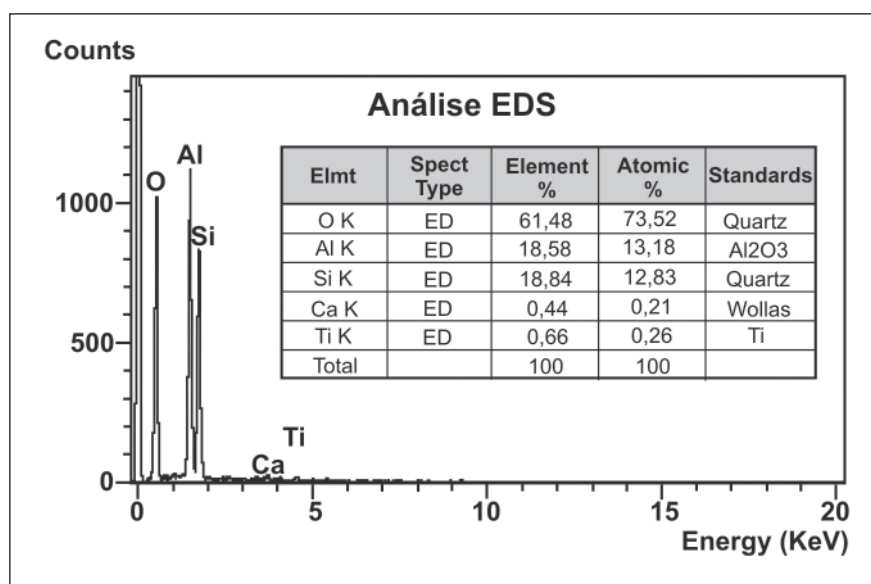


Figura 4 - Análise EDS do aglomerante sinterizado. Fonte: CST Arcelor Mittal Tubarão.

de SiO_2 e 15%, ZrO_2 (Morganite, acesso em 11/11/2008). O resultado da análise detectou a presença de um teor de ferro igual a 2,36% em massa de ferro, que não foi detectado na difração raios X, por esse teor ser abaixo do limite de detecção do equipamento, e, também, não foi detectado no MEV, pois essa técnica foi feita apenas em um ponto e era para detectar as esferas de aglomerante. Considerando que o valor da condutividade do ferro é bem superior ao da manta cerâmica, como citado anteriormente, essa quantidade de ferro presente na manta pode diminuir sua capacidade de isolamento térmico. Além do mais, essas partículas metálicas irão se alojar nos poros da manta, agindo como uma “ponte” para a propagação dos fônons, diminuindo, assim, sua capacidade de isolamento térmico.

3.1.4 Análise da determinação da resistência à compressão

A Tabela 1 mostra os resultados de todos os testes de resistência à compressão feitos. Mostra, ainda, o valor médio dos referidos testes. A Figura 5 mostra o gráfico com os valores médios da resistência à compressão, em função dos teores de

resíduos adicionados. De acordo com os dados apresentados, a média da resistência da argamassa teve um aumento nos corpos-de-prova que tiveram a adição de 2% em massa do resíduo em substituição ao cimento, em relação à argamassa sem adição de resíduo. Porém essa resistência diminui na argamassa com 6% em massa do resíduo para valores praticamente iguais à argamassa feita sem a adição de resíduo. Isto significa que todas as argamassas produzidas estão dentro da norma ABNT NBR 13279:1995. A Figura 5 mostra o gráfico com os valores médios da resistência à compressão em função dos teores de resíduos adicionados

De acordo com os resultados obtidos pelos ensaios de compressão dos corpos-de-prova, nota-se que a substituição do cimento por 2% em massa do resíduo aumentou a resistência à compressão das argamassas, se comparada com aquela sem adição do resíduo. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de o resíduo apresentar características físico-químicas semelhantes aos materiais pozolânicos (AITCIN, 2000; Grande, 2003). Portanto, possivelmente, houve a combinação do resíduo com o hidróxido de cálcio e com os diferentes componentes do cimento, formando compostos estáveis (silicatos de cálcio hidratado), materiais estes mais resistentes e refinadores de poros, que proporcionaram um aumento na resistência à compressão da argamassa.

Já para a adição de 6% em massa do resíduo, houve uma diminuição na resistência à compressão da argamassa para valores muito próximos aos encontrados na argamassa feita sem a adição do resíduo. Possivelmente isso ocorreu pela diminuição da quantidade de cimento, uma vez que adição do resíduo era acompanhada por uma diminuição na quantidade de cimento na mesma proporção. Isto pode ter feito com que o aumento na resistência à compressão da argamassa, devido às características pozolânicas do resíduo, fosse anulado pela diminuição da quantidade de cimento, que tem propriedades aglomerantes, e o produto final de sua hidratação forma complexos hidratados que também causam um aumento na resistência à compressão da argamassa (AITCIN, 2000; Grande, 2003). Provavelmente, a resistência aumentaria, caso a quantidade de cimento não fosse alterada e fossem adicionados os mesmos valores de resíduo.

3.1.5 Análise da determinação do índice de consistência

A Tabela 2 mostra os resultados das três medidas individuais e as médias do ensaio de consistência de cada tipo de argamassa e a Figura 6 mostra o gráfico com os valores médios desses índices.

De acordo com a Tabela 2 e a Figura 6, a consistência aumentou, proporcionando maior trabalhabilidade com adição de 6% em massa do resíduo em substituição ao cimento. De acordo com a norma NBR 13276, ABNT: 1995, o valor de consistência-padrão é de 255mm +/-10. Esse aumento pode ser explicado pelo aumento da relação água/cimento, com a utilização do resíduo em substituição ao cimento.

4. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos e para as condições utilizadas no presente trabalho, pode-se concluir que:

- A estrutura da manta cerâmica, após sua utilização, nas diferentes partes

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão.

% Resíduo	Resistência (MPa)				
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Média
0	9,1	8,9	8,8	9,3	9,02
2	10,2	10,4	10,1	10,7	10,35
6	9,1	9,0	9,2	9,2	9,12

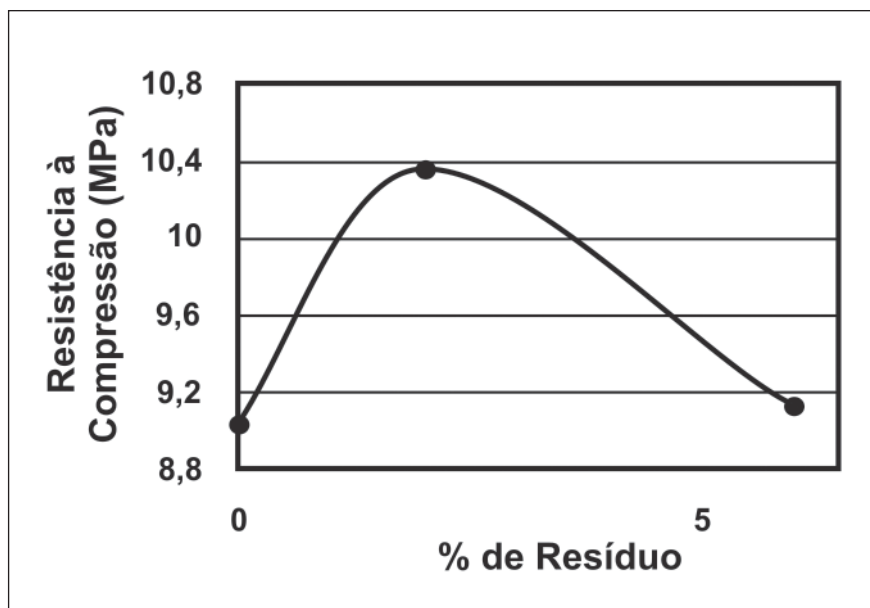


Figura 5 - Valores médios da resistência à compressão em função dos teores de resíduos adicionados.

Tabela 2 - Resultados das medidas individuais dos ensaios de consistência.

% Resíduo	Consistência das argamassas em mm			
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
0	312	312	311	312
6	313	325	320	319

do lingotamento contínuo, permanece amorfa. Portanto a diminuição de sua capacidade de isolamento térmico, no presente caso, não é devido à mudança de estrutura atômica amorfa para cristalina.

- A diminuição da capacidade de isolamento térmico da manta cerâmica, no caso estudado, pode ocorrer em função de dois motivos:
 - a) Sinterização do aglomerante inorgânico devido à alta temperatura na qual a manta cerâmica está submetida (aproximadamente 800°C).
 - b) Presença de 2,36% de ferro na manta cerâmica, acarretando num aumento da condutibilidade térmica da manta.

- A utilização do resíduo em argamassa proporcionou um aumento da resistência à compressão dos corpos-de-prova em relação à argamassa-padrão para a utilização de 2% em massa do resíduo, em substituição ao cimento, e não teve variação para a utilização de 6% em massa do resíduo em substituição ao cimento.
- O índice de consistência da argamassa aumentou com a adição de 6% em massa do resíduo em substituição ao cimento.
- Os resultados obtidos, nesse trabalho, demonstram que pode ser viável o consumo do resíduo de manta cerâmica para fabricação de argamassas.

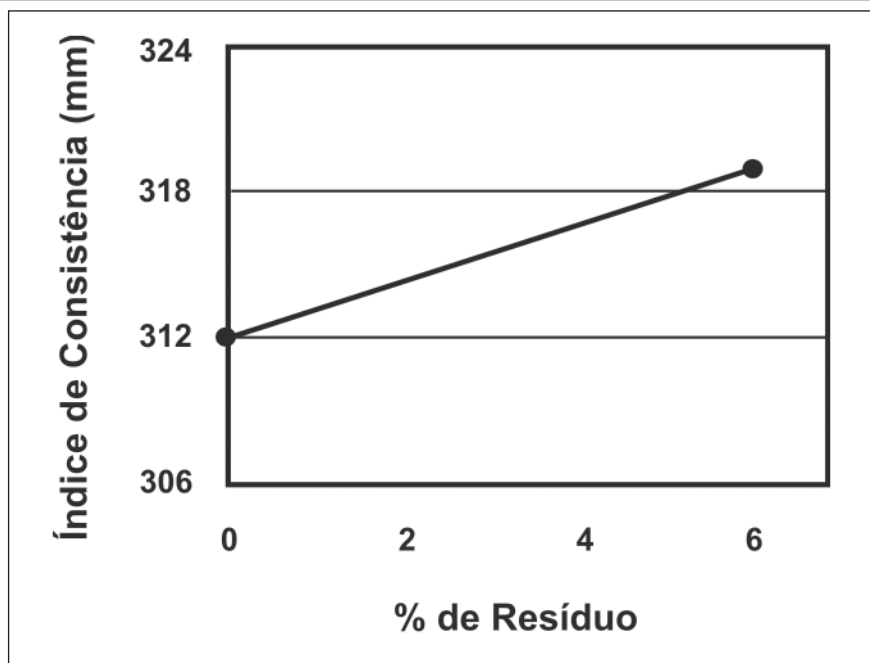


Figura 6 - Valores médios dos índices de consistência em função dos teores de resíduo adicionado.

5. Referências bibliográficas

AITCIN, P. C. *Concreto de alto desempenho*.

São Paulo: Pini, 2000. 591p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7217: determinação da composição granulométrica dos agregados*. Rio de Janeiro, 1982.

_____. *NBR 7215: Ensaios de compressão em argamassa*. Rio de Janeiro, 1996.

_____. *NBR 13276: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo de mistura e determinação do índice de consistência*. Rio de Janeiro, 2002.

_____. *NBR 13279: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência a compressão*. Rio de Janeiro, 1995.

CALLISTER JR, W. D. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. (5.ed.) Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589p.

GRANDE, F. M. *Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2003. 165 f. (Dissertação de Mestrado - Curso de Arquitetura).

MORGANITE Ltda. Disponível em: <<http://www.morganitethermal.com.br>>. Acesso em: 11/11/2008.

UNIFRAX Brasil Ltda. Disponível em: <<http://www.unifrax.com.br>>. Acesso em: 11/11/2008.

VAN VLACK, L. H. *Princípios de ciência dos materiais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1995. 567p.

Artigo recebido em 11/09/2009 e aprovado em 30/03/2010.

A REM tem novo endereço:

FUNDAÇÃO GORCEIX - REM

Rua Carlos Walter Marinho Campos, 57

Bairro: Vila Itacolomy

35400-000 - Ouro Preto - MG

(31) 3551-4730 (31) 3559-7408

www.rem.com.br