



VII SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA Rio Grande, de 23 à 25 de Novembro de 2016

INFLUÊNCIA DO TEOR DE FINOS DAS AREIAS NO COEFICIENTE DE CAPILARIDADE DAS ARGAMASSAS DE CAL EXPOSTAS AO AMBIENTE MARINHO.

Flávia Costa de Mattos¹, Margarete Regina Freitas Gonçalves²

¹Universidade Federal de Pelotas
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais
Rua Gomes Carneiro nº1-Campus Porto, Pelotas, RS, Brasil
e.mail:fmattos@vetorial.net

²Universidade Federal de Pelotas
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais
Rua Gomes Carneiro nº1-Campus Porto, Pelotas, RS, Brasil
e.mail:margareterfg@gmail.com

RESUMO

As areias através da distribuição granulométrica, natureza mineralógica e textura superficial exercem grande influência no desempenho das argamassas, tanto no estado fresco como no endurecido, repercutindo na durabilidade dos revestimentos expostos ao ambiente marinho. Este estudo foi realizado com diferentes amostras de areias, sendo todas quartzosas, comercializadas no município do Rio Grande-RS em que após a caracterização física e mineralógica, foram produzidas três famílias de argamassas de cal hidratada tipo CH-II na proporção 1:3, em volume, mantendo-se a mesma relação água/material seco em 18%. No estado fresco foi obtido o índice de consistência (flow-table) e a densidade de massa. Para a análise no estado endurecido, foram moldados corpos de prova prismáticos 4x4x16 cm e após 28 dias foram realizados os ensaios de densidade de massa e absorção por capilaridade. Os resultados indicam que a argamassa produzida com o agregado que apresentou o maior percentual da fração de finos (passante na peneira #75 µm) foi a que melhor atendeu os requisitos de trabalhabilidade e densidade de massa no estado fresco e endurecido, proporcionando maior empacotamento das partículas e menor coeficiente de capilaridade.

1. INTRODUÇÃO

Para Tristão (2005) as areias são consideradas sedimentos não consolidados e oriundos de diversos depósitos sedimentares, em que a formação geológica e os minerais presentes nas rochas propiciam o entendimento de suas propriedades. As propriedades texturais são as inerentes aos grãos isolados como tamanho, expresso na distribuição granulométrica, arredondamento e esfericidade, textura superficial e composição mineralógica.

As areias utilizadas nas argamassas, sob a forma de agregado miúdo, apresentam papel fundamental no comportamento global da pasta, facilitando as reações químicas de carbonatação e distribuindo, uniformemente, eventuais efeitos de retração.

Segundo Santos et al. (2015) o desempenho dos revestimentos de argamassa depende da sua microestrutura, que está relacionada com diversos aspectos além da proporção do traço, tais como o tipo de aglomerante, a natureza mineralógica e granulometria do agregado e, os procedimentos de aplicação e cura.

A adequada proporção e o diâmetro dos materiais particulados contribuem para reduzir os vazios resultantes do arranjo granulométrico espacial, promovendo o adequado empacotamento das partículas (Cincotto et al., 2012).

A compacidade das argamassas apresenta íntima ligação com a distribuição granulométrica e a forma dos grãos, visto que relaciona a quantidade e a dimensão dos espaços vazios, devendo os vazios maiores serem preenchidos com partículas menores e assim sucessivamente, refletindo na quantidade de ligante e de água a serem utilizados, conduzindo a diminuição do fenômeno de retração (Castro e Pandolfelli, 2009).

De fato, quanto mais elevado for o volume de vazios a ser preenchido pela pasta aglomerante maior o potencial de retração da argamassa, neste sentido, Carasek (2007) apresenta a relação das areias quanto à distribuição granulométrica e retração plástica, em que a distribuição contínua apresenta maior empacotamento dos grãos e, conseqüentemente, menor retração conforme Fig. 1.

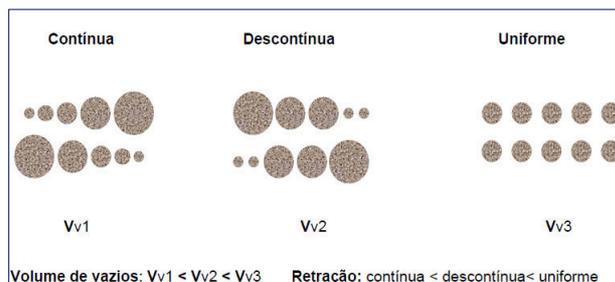


Figura 1. Classificação das areias quanto à distribuição granulométrica e sua influência na retração plástica.

A composição granulométrica (distribuição dos grãos) influencia o desempenho das argamassas, apresentando reflexos no estado fresco através da trabalhabilidade, no consumo dos aglomerantes e de água. No estado endurecido, a repercussão é percebida na resistência mecânica, permeabilidade, porosidade e na reação química de carbonatação.

Silva e Campiteli (2006) observaram que o coeficiente de capilaridade das argamassas de cal é fortemente influenciado, de forma positiva, pela adição do teor de finos dos agregados. Resultado semelhante foi obtido por Oliveira et al. (2013) quando analisaram a adição de agregados finos de vidro, com redução significativa deste coeficiente com maior percentual de finos.

Para Margalha et al. (2007) a mistura das areias mais finas com as mais grossas torna a porcentagem de volume de vazios mais adequada, melhorando algumas características importantes das argamassas no estado endurecido, podendo os finos transmitir uma melhor coesão e maior trabalhabilidade.

De acordo com Lanas e Alvarez (2003) o tipo e formato do agregado miúdo influencia na resistência mecânica, sendo que os agregados calcários angulosos apresentam maior resistência. Também, as argamassa que utilizam estes agregados proporcionam maior quantidade de poros médios e grandes, facilitando o processo de carbonatação e evitando a retração durante o processo de cura.

Recena (2014) quando trata da água capilar, ressalta que no processo de cura, a saída da água das argamassas se dá pela formação de uma rede capilar e de sua interligação, que ajuda no processo de carbonatação, mas que pelos mesmos canais que a água sai esta poderá retornar carregando, neste processo, agentes agressivos responsáveis pela degradação da pasta e, conseqüentemente, do revestimento.

Em geral, a utilização de areias está vinculada a uma determinada região que, por uma questão de proximidade, torna o material mais econômico, como é o caso da cidade do Rio Grande, RS, que utiliza areia extraída de regiões das cidades de Pelotas e Cristal. Por esta razão, as características específicas das areias são muitas vezes ignoradas.

Assim, no presente estudo se analisou as areias abundantemente comercializadas no município de Rio Grande, RS, identificando e comparando as suas características físicas e mineralógicas e, as propriedades físicas obtidas em argamassas de areia e cal no estado fresco (índice de consistência e densidade de massa) e no estado endurecido (densidade de massa e capilaridade) após 28 dias de cura.

2. METODOLOGIA

Para o trabalho experimental foram coletadas areias em três comércios locais, disponibilizadas com granulometria fina(f) e média(m) e a cal hidratada tipo CH-II. As areias foram identificadas pelas letras A, B e C e caracterizadas quanto ao módulo de finura, massa unitária, coeficiente de uniformidade (Cu), teor de finos, distribuição granulométrica e mineralogia. Os ensaios de caracterização física foram feitos no laboratório de Engenharia Civil-FURG e a análise mineralógica, através de Difração de Raios X em um equipamento da marca Bruker, modelo D8 Advance, no laboratório do CEME-Sul da FURG.

Após a caracterização das areias, foram preparadas argamassas com a cal hidratada CH-II, com traço volumétrico igual a 1:3 e relação água/materiais secos no percentual igual a 18% sobre o peso das composições binárias.

A dosagem e o preparo dos materiais constituintes das argamassas foi realizada em massa, de acordo com a NBR- 13276:2005. Finalizado o procedimento de mistura, foi realizado o ensaio para a obtenção do índice de consistência através da mesa de consistência (*flow-table*), indicado em $260 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ conforme NBR 13276:2005 e a densidade de massa de acordo com a NBR 13278:2005.

Os corpos de prova, três por amostra de areia, foram moldados em formas prismáticas $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ e submetidos ao processo de cura em ambiente com umidade e temperatura controlados ($\pm 23^\circ\text{C}$). Após 7 dias ocorreu a desforma e, permaneceram neste ambiente até completar 28 dias, época em que foram realizados os ensaios no estado endurecido. A densidade de massa aparente foi obtida através da NBR 13280:2005 e o coeficiente de capilaridade através da NBR 15259:2005.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode-se ver na Tab. 1, os ensaios de caracterização das areias coletadas mostraram que estas apresentam-se em conformidade com os parâmetros de norma e encontram-se estabelecidas nas faixas de areia fina e média, conforme ofertadas e comercializadas.

Tabela 1- Características físicas das areias

Ensaio	Af	Am	Bf	Bm	Cm	Cmv***
Módulo de finura NBR NM- 248	1,14	2,68	1,62	2,63	1,92	2,59
Dimensão máxima característica (mm) NBR NM- 248	1,2	2,4	2,4	2,4	2,4	4,8
Massa unitária (g/cm^3) NBR NM- 45	1,41	1,6	1,45	1,61	1,55	1,57
Coeficiente de uniformidade *	3,1	3,2	2,0	3,2	4,4	3,5
Teor de finos (%) **	2,87	0,43	0,91	0,69	1,96	0,56

* Coeficiente de uniformidade (Cu) definido como a relação entre as malhas das peneiras correspondentes a 60% e 10% do material passante.
 ** Material passante na peneira ABNT 0,075 mm.
 *** Cmv- Areia adquirida na loja C- média e de coloração vermelha.

Todas as areias analisadas possuem distribuição uniforme dos grãos, com $\text{Cu} < 5$, com distribuição granulométrica apresentada na Fig. 2.

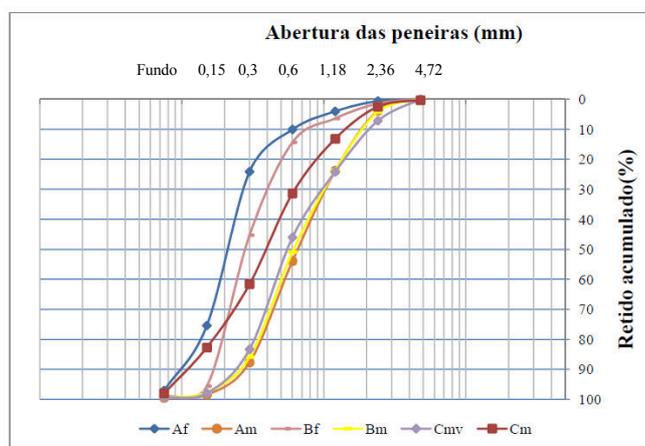


Figura 2- Curvas Granulométricas das areias

Com relação a natureza mineralógica das areias foram identificados os compostos apresentados na Tabela 2, onde verifica-se a predominância de quartzo em todas as areias e, a presença de calcita e dolomita nas areias B e C.

Tabela 2- Composição mineralógica das areias

Compostos	Af	Am	Bf	Bm	Cm	Cmv
Quartzo	***	***	***	***	***	***
Feldspato	*	*	*	*	-	vt
Mica	*	vt	vt	-	*	*
Calcita	-	-	**	**	-	**
Dolomita	-	vt	*	**	-	*
Rubi/feldspato	-	-	-	-	vt	vt

***Muito abundante; ** Abundante; * Pouco abundante; vt Vestígios; - Ausente

Através de observação com lupa estereoscópica binocular realizou-se a análise qualitativa da forma dos grãos, arredondamento e esfericidade, conforme Fig. 3.

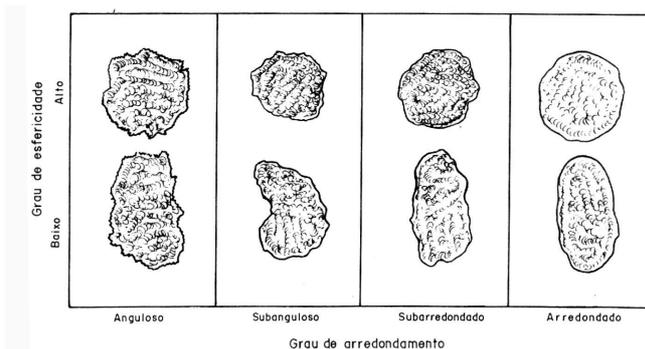


Figura 3- Grau de esfericidade e arredondamento dos grãos (NBR 7389-1:2009)

A Tab. 3 apresenta as imagens e a respectiva descrição das areias analisadas.

Tabela 3- Imagem das areias através de lupa estereoscópica e sua respectiva descrição.

Areia	Descrição	Areia	Descrição
	Af Cor predominantemente branca, com grãos arredondados e com alto grau de esfericidade.		Am Cor predominantemente laranja, com grãos subarredondados e com baixo grau de esfericidade.
	Bf Cor predominantemente branca, com grãos arredondados e com baixo grau de esfericidade.		Bm Cor predominantemente branca, com grãos arredondados e com baixo grau de esfericidade.
	Cm Cor predominantemente amarela, com grãos arredondados e com baixo grau de esfericidade.		Cmv Cor predominantemente laranja-avermelhado, com grãos subangulosos e com baixo grau de esfericidade.

As areias aptas a serem utilizadas em argamassa de cal, em razão do módulo de finura, dimensão máxima característica e do teor de finos foram as Am, Bm e Cmv. Assim, foram preparadas as argamassas com a cal hidratada CH-II cujos resultados de caracterização no estado fresco encontram-se na Tab. 4.

Tabela 4- Caracterização das argamassas de cal e areia no estado fresco

Ensaio	Am	Bm	Cmv
Índice de consistência (mm)*	259	257	270
Densidade de massa (kg/m ³)	1979	2006	2006

*média de três medidas

Após o período de 28 dias, foram realizados os ensaios para a obtenção da densidade de massa que apresentou o resultado exposto na Tab. 5.

Tabela 5- Densidade de massa aparente aos 28 dias.

Ensaio	Am	Bm	Cmv
Densidade de massa (kg/m ³)	1762	1766	1775

A densidade de massa aparente de todas as composições foi decrescente, como esperado, no entanto as argamassas com maior teor de finos, apresentaram valores superiores sendo indicativo do melhor empacotamento das partículas, conforme Fig. 4.

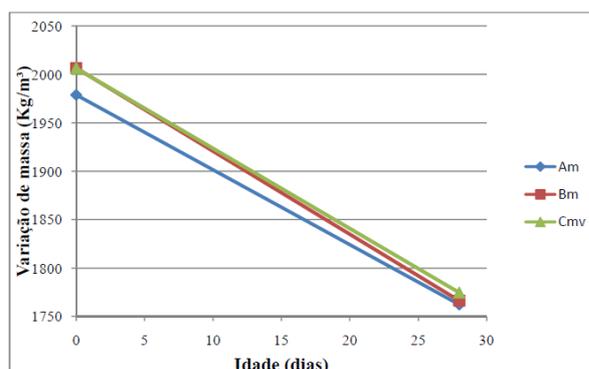


Figura 4- Variação de massa aparente aos 28 dias

Quanto ao coeficiente de capilaridade, apresentado na Fig. 5, a argamassa produzida com agregado que detinha maior fração de finos (Bm) apresentou melhor resultado, com diminuição da absorção de água aos 90 minutos de ensaio, quando comparada com as demais famílias de argamassas.

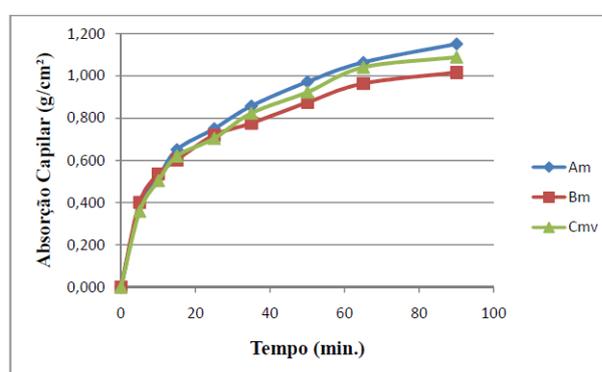


Figura 5- Capilaridade das argamassas aos 28 dias.

Esta condição é justificada em razão da altura de ascensão de um líquido em um tubo capilar, que será tanto maior quanto menor for o raio interno do tubo. Os corpos de prova produzidos com areias com maior teor de finos (Bm e Cmv) apresentaram diferentes alturas de ascensão capilar, estando este fato relacionado com a dimensão máxima característica, que propicia maior variação no tamanho do tubo capilar, como pode ser observado nos corpos de prova logo após a finalização do ensaio, representado na Fig. 6.



Figura 6- Corpos de prova após o ensaio de absorção capilar.

Também houve reflexo no coeficiente de capilaridade, com diminuição de valor nas argamassas com agregados com maior fração de finos, sendo todas classificadas segundo a norma acima citada como C5. Os resultados dos ensaios propostos correspondem a Tab.6.

Tabela 6- Resultados dos ensaios produzidos em argamassa de areia e cal.

Ensaio	Argamassas		
	Am	Bm	Cmv
Teor de finos (%)	0,43	0,69	0,56
Dimensão máxima característica (mm)	2,4	2,4	4,8
Consistência (mm)	259	257	270
Densidade de massa no estado fresco (kg/m ³)	1979	2006	2006
Densidade de massa no estado endurecido (kg/m ³)	1762	1766	1775
Coefficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	10,02	7,79	9,26

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para a determinação do índice de consistência apresentaram valores próximos a 260 mm, garantindo trabalhabilidade com baixa relação água/materiais secos, melhor preenchimento dos vazios existentes entre as partículas e, conseqüentemente, maior empacotamento.

Os resultados quanto a densidade de massa no estado fresco classificam as argamassas, de acordo com a NBR 13278:2005, em D4 para a produzida com a areia Am e D5 para as demais, Bm e Cmv, visto que a primeira possui menor densidade de massa que as outras.

Verificou-se, também, que as areias Bm e Cmv foram as que apresentaram maior teor da fração de finos (0,69% e 0,56%, respectivamente). Fato este que não alterou o volume de água da mistura, como comprovando nos índices de consistência, semelhantes.

No estado endurecido a densidade de massa que é uma propriedade determinante na resistência mecânica, permeabilidade, absorção de água e o grau de empacotamento das partículas, apresentou para todas as argamassas ensaiadas resultados que confirmam a adequação do uso de agregado com maior fração de finos. A NBR 13278:2005 classifica todas as famílias de argamassas como M5.

Quanto ao coeficiente de capilaridade verificou-se que este apresentou menores valores nas argamassas com agregados com maior fração de finos, sendo estas classificadas segundo a NBR 13278:2005 como C5.

A partir da avaliação dos resultados, pode-se concluir que a argamassa produzida com o agregado denominado Bm foi a que se apresentou mais consistente para ser utilizada nas argamassas de cal visando a diminuição do coeficiente de capilaridade, requisito este intimamente vinculado a durabilidade dos revestimentos externos expostos à ambientes agressivos como os marinhos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003. NBR NM 248: Agregados- Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006. NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume devazios. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. NBR 13278: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos- Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. NBR 13280: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos- Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. NBR 13259: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos- Determinação da absorção de água por capilaridade e do ícoeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009. NBR 7389-1: Agregados - Análise petrográfica de agregado para concreto Parte 1: Agregado miúdo. Rio de Janeiro.
- Carasek, Helena, 2007. “Materiais de construção civil e princípios de Ciência e Engenharia de Materiais”. In Isaia C.G.. et. al. Ibracon, Vol. 02, Cap. 26.
- Castro, A.L.; Pandolfelli, V.C., 2009. “Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil”. Cerâmica, São Paulo, n. 55, pp. 18-32.
- Cincotto, M.A.; Angulo, S.C.; Carneiro, A., 2012. “Composições granulométricas de argamassas e seus efeitos no estado fresco e endurecido”. In 4º Congresso Portugues de Argamassa e Etics. Coimbra.
- Lanas, J; Alvarez, J.I., 2003. “Masonry repair lime-based mortars:factors affecting the mechanical behavior”. Cement and Concret Research, Vol. 33, pp.1867-1876.
- Margalha, M. G.; Veiga, M. R.; Brito, J., 2007. “Influência das areias na qualidade de argamassas de cal aérea”. In 2º Congresso Nacional de argamassas de construção. Lisboa.

- Oliveira, R.; Brito, J.; Veiga, R., 2013. "Incorporação de agregados finos de vidro em argamassa. Teoria e Prática na Engenharia Civil", n. 21, pp. 25-39.
- Recena, F.A. P., 2014. "Técnicas Aplicáveis a Trabalhos de Restauração de Prédios de Interesse Histórico e Cultural". Porto Alegre.
- Santos, A.R.; Veiga, M.R.; Santos, A. S.; Brito, J., 2015. "A influência das areias no desempenho mecânico das argamassas de cal". In XIII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción - XV Congreso de Control de Calidad en la Construcción. Lisboa.
- Silva, N.G; Campiteli, V. C., 2006. "Influência dos finos e da cal nas propriedades das argamassas". In XI Encontro Nacional da Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis.
- Tristão, F. A., 2005. "Influência dos parâmetros texturais das areias nas propriedades das argamassas mistas de revestimento". 234f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material apresentado neste artigo.