EFEITO DA SÍLICA ATIVA EM ARGAMASSAS DE CHAPISCO COM AMRC

Tema: Inovação em argamassas e revestimentos.
Grupo: 2

VINÍCIUS C. MACHADO[1], WELINGTON DE SOUSA CRUZ[2], LUCIANA DE NAZARÉ P. CORDEIRO[3]

[1]Graduando da Faculdade Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará/UFPA, vinicius.m21@hotmail.com
[2]Graduando da Faculdade Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará/UFPA, welingtoncruzufpa@gmail.com
[3]Prof.ª Dr.ª, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará/UFPA, lupcordeiroo@gmail.com

RESUMO

A presente pesquisa visa avaliar a influência da incorporação de sílica ativa (SA) nas características de argamassas de chapisco com substituição parcial de agregado miúdo natural (AMN) por agregados de resíduos reciclados de concreto (AMRC), analisando argamassas com teores de substituição de resíduos nas proporções de 0%, 30% e 50%, para traços em massa de 1:3 e 1:4, utilizando SA em teores de 0% e 15% como substituto do cimento. As misturas foram caracterizadas no estado fresco e endurecido. A SA não melhorou o desempenho das propriedades das argamassas com resíduo, porém mantiveram proximidade ao comportamento das argamassas sem sílica.

Palavras-chave: Argamassa de chapisco, sílica ativa, agregado miúdo natural, AMRC.

EFFECT OF ACTIVE SILICA IN ROUGHCAST MORTARS WITH NFCA

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the influence of the silica fume (SA) incorporation on the characteristics of roughcast mortars with partial replacement of natural fine aggregate (NFA) by aggregates of recycled concrete waste (AMRC), analyzing mortars with levels of substitution of waste in proportions of 0%, 30% and 50%, for mass traces of 1: 3 and 1: 4, using SA in contents of 0% and 15% as a substitute for cement. The blends were characterized in the fresh and hardened state. The AS did not optimize the performance of the mortar properties with waste, but they remained close to the mortar behavior without silica.

Key-words: Roughcast mortars, silica fume, natural fine aggregate, AMRC.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as várias finalidades para os subprodutos da construção civil pode-se destacar a utilização de agregados miúdos reciclados de concreto (AMRC), provindos da britagem de resíduos de construção, para substituição parcial do agregado miúdo natural (AMN) em argamassas, se tratado de forma correta, segundo o estudo desenvolvido por LEITE (2001)[(1)]. A NBR 13529:2013 define o chapisco como a camada de argamassa para preparo de base, aplicada de forma continua e descontinua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e de melhorar a aderência do revestimento final. São poucos os estudos realizados para a caracterização de chapisco (ERHART (2014)[(2)]; DA SILVA (2006)[(3)]; SANTOS (2008)[(4)]). CARASEK (2007)[(5)] define o chapisco como uma camada que, aplicada sobre uma base de forma grosseira, melhora a aderência e homogeneíza suas características de absorção. AMBROZEWICZ (2015)[(6)] sugere que para esse tipo de material sejam adotados traços em massas de 1:2 e 1:3 (cimento: areia grossa), podendo ou não conter aditivos.

PRETTO (2009)[(7)] relata que os traços usuais de chapisco convencional, em volume, de argamassa de chapisco encontram-se na faixa de 1:2 a 1:4. Nota-se pelos dois autores que esse tipo de argamassa apresenta traços ricos em cimento que lhes confere um incremento de resistência que favorecem indiretamente a aderência ao substrato, no entanto, ambientalmente são prejudiciais em virtude do elevado consumo de cimento. Vale ressaltar que os AMRC são porosos, devido à argamassa adsorvida na superfície do agregado natural; angulosos e/ou lamelar em função do processo de beneficiamento e com parâmetros físicos de grande variabilidade.

Este trabalho delimita-se ao uso de resíduo de concreto com faixa de resistência de 20 a 40 MPa, beneficiado em britadores do tipo mandíbulas. Foram testados dois tipos de traços (1:3 e 1:4, em massa) utilizando SA em teores de 0% e 15% como substituto do cimento e com diferentes teores de substituição de resíduos (0, 30 e 50%) a fim de buscar o proporcionamento que garanta as melhores características de argamassas de cimento.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1. Materiais

Para o processo de produção das argamassas de chapisco foi utilizado cimento Portland CP II E - 32 devido à disponibilidade local, areia quartzosa provinda de fontes naturais do estado do Pará, sílica ativa comercial, areia reciclada oriunda da britagem de resíduos de concreto e água potável da rede distribuição pública da cidade de Belém-PA. A Tabela 1 apresenta as características físicas dos materiais utilizados nesta pesquisa, assim como as respectivas normas utilizadas.

Tabela 1 – Caracterização física dos materiais

Característica	Cimento	Sílica Ativa	AMN	AMRC
Massa Específica (kg/m³) - NBR 7251 (ABNT, 1982)	3015	2180	2591	2378
Massa Unitária (kg/m³) - NBR NM 23 (ABNT, 2001)	-	-	1537	1377
Absorção 1 (%) – NBR NM 30 (ABNT, 2001)	-	-	1,01	-
Absorção 2 (%) – (LEITE, 2001)	-	-	-	21,00
Módulo de Finura – NM 248 (ABNT, 2003)	-	-	1,34	2,01
Dimensão Máx. - NM 248 (ABNT, 2003)	-	-	1,20	2,40
Coef. de Uniformidade – 7181 (ABNT, 2016)	-	-	2,75	5,00
Coef. de Curvatura – 7181 (ABNT, 2016)	-	-	0,91	1,0
Material Pulverulento – NM 46 (ABNT, 2003)	-	-	0,00	0,00

Como pode ser observado pela Tabela 1, a areia reciclada de concreto (AMRC) apresentou massa específica e unitária cerca de 8% menores que às da areia natural, mostrando também uma taxa de absorção de água consideravelmente maior se comparada com AMN.

2.2. Métodos

Para a produção da argamassa de chapisco, adotaram-se os dois traços em massa (1:3 e 1:4), que foram escolhidos por dos seus usos correntes em revestimentos nas obras pelo país. Adotaram-se 3 tipos de teores de substituição de AMN por AMRC nos valores de 0%, 30% e 50%. A escolha deu-se com base em pesquisas bibliográficas (LEITE (2001); CORINALDESI (2009)[8]; CORINALDESI e MARCONI (2009)[9]; CALCADO (2015)[10]). O efeito da SA nas diferentes misturas foi analisado a partir da uma comparação entre uma argamassa sem sílica com uma argamassa com 15% de sílica.

Para a produção das argamassas foi necessário realizar previamente a compensação em volume dos agregados para evitar traços com maior volume de AMRC. Outro fator que foi considerado na produção das argamassas consistiu na pré-molhagem dos AMRC, pois de acordo com LEITE (2001) esta etapa prévia evita que o mesmo, por conta de sua alta porosidade, consuma parte da água de amassamento do(s) aglomerante(s), o que impediria sua completa hidratação. Como variável de controle da trabalhabilidade nas argamassas de chapisco produzidas, foi definido um espalhamento normativo de 260±5mm de acordo com a NBR 13276:2016. A Tabela 2 apresenta os traços unitários e espalhamentos das argamassas produzidas.

Tabela 2 - Traço unitário e espalhamento das argamassas produzidas

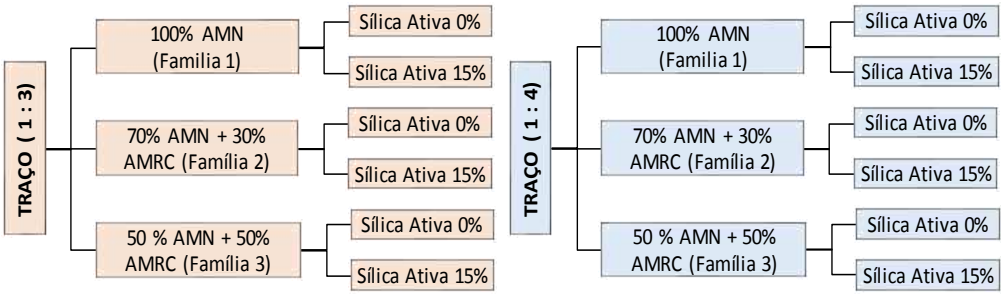
Traço	Traço Unitário								Espalhamento (mm)
	Argamassa	Cimento	SA	AMN	AMRC	a/c	a/ag	Pré-molhagem	
1:3	R0S0	1,00	0,00	3,00	0,00	0,51	0,51	0,00	259,00
	R0S15	0,85	0,15	3,00	0,00	0,67	0,57	0,00	245,00
	R30S0	1,00	0,00	2,10	0,83	0,58	0,58	0,21*0,70*AMRC	255,00
	R30S15	0,85	0,15	2,10	0,83	0,79	0,67	0,21*0,70*AMRC	260,00

Traço	Traço Unitário								Espalhamento (mm)
	Argamassa	Cimento	SA	AMN	AMRC	a/c	a/ag	Pré-molhagem	
1:3	R50S0	1,00	0,00	1,50	1,38	0,56	0,56	0,21*0,70*AMRC	254,00
	R50S15	0,85	0,15	1,50	1,38	0,76	0,65	0,21*0,70*AMRC	248,00
1:4	R0S0	1,00	0,00	4,00	0,00	0,63	0,63	0,00	260,00
	R0S15	0,85	0,15	4,00	0,00	0,80	0,68	0,00	255,00
	R30S0	1,00	0,00	2,80	1,10	0,67	0,67	0,21*0,70*AMRC	256,00
	R30S15	0,85	0,15	2,80	1,10	0,91	0,77	0,21*0,70*AMRC	258,00
	R50S0	1,00	0,00	2,00	1,84	0,73	0,82	0,21*0,70*AMRC	263,00
	R50S15	0,85	0,15	2,00	1,84	1,01	0,86	0,21*0,70*AMRC	256,00

R0S0: 100% AMN + 0% SA; **R0S15:** 100% AMN + 15% SA; **R30S0:** 30% AMRC + 0% SA; **R30S15:** 30% AMRC + 15% SA; **R50S0:** 50% AMRC + 0% SA; **R50S15:** 50% AMRC + 15% AS

Para facilitar a produção e análise das argamassas, as mesmas foram previamente divididas segundo a representação esquemática mostrada na Figura 1. As argamassas de cimento foram produzidas e moldadas segundo a NBR 16541:2017, NBR 13279:2005 e NBR 7215:1996.

Figura 1 – Representação esquemática das argamassas produzidas



Fonte: VINICIUS C. MACHADO (2018)

Os ensaios no estado fresco foram: densidade de massa NBR 13278:2005, teor de ar incorporado NBR 13278:2005 e retenção de água NBR 13277:1995. E estado endurecido (28 dias): módulo de elasticidade NBR 15630:2009, resistência à tração na flexão e à compressão (prismas) NBR 13279:2005, resistência à compressão (cilindros) NBR 7215:1997; densidade de massa NBR 13280:2005.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Efeito da substituição do cimento por sílica ativa, no estado fresco das argamassas

Na tabela 3 estão os resultados das propriedades das argamassas no estado fresco. Nota-se que a presença da SA levou a uma redução no espalhamento, afetando na reologia dessas

argamassas. Em relação a densidade aparente, uma vez que se substitui o cimento por um material mais leve, a tendência é a redução na densidade e esse comportamento foi constatado para todas as famílias. Uma vez que a natureza do resíduo é apresentar grãos com maior porosidade, as famílias com resíduos apresentaram um maior teor de ar incorporado; no entanto, esse efeito foi minimizado com a adição mineral. Nota-se que o incremento de finos majorou a capacidade de retenção de água para os traços com SA.

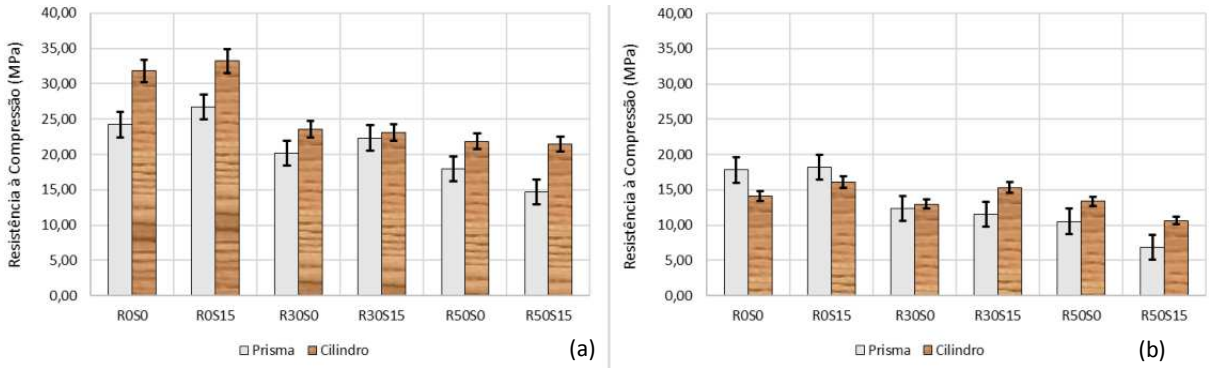
Tabela 3 - Propriedades físicas das argamassas no estado fresco

Traço	Argamassa	a/ag	Espalhamento (mm)	Densidade de massa aparente (kg/m³)	Teor de ar incorporado (%)	Retenção de água (%)
1:3	R0S0	0,51	259,00	2208	2,20	89,74
	R0S15	0,57	245,00	2152	2,08	93,64
	R30S0	0,58	255,00	2101	3,55	86,78
	R30S15	0,67	255,00	2089	1,07	92,75
	R50S0	0,56	254,00	2111	2,61	86,87
	R50S15	0,65	248,00	2054	2,12	94,03
1:4	R0S0	0,63	260,00	2193	2,39	85,62
	R0S15	0,68	255,00	2157	2,30	89,74
	R30S0	0,67	256,00	2103	3,94	85,27
	R30S15	0,77	255,00	2073	2,52	89,73
	R50S0	0,82	263,00	2047	4,14	86,79
	R50S15	0,86	256,00	2002	3,15	90,84

3.2. Efeito da substituição do cimento por SA, no estado endurecido das argamassas

Comparando-se as mesmas argamassas, submetidas à compressão axial, porém métodos diferentes de ensaio por conta da geometria, se notou que as confeccionadas em corpos de prova cilíndricos apresentaram maiores resistências e menor variabilidade que as prismáticas, analisando-se as misturas com AMRC separadamente, conforme mostra as Figuras 2a e 2b. Vendo então que o tamanho dos corpos de prova influi na resistência da argamassa, BROOKS (2015)[11].

Figura 2 – Resistências à compressão das argamassas. (a) Traço 1:3. (b) Traço 1:4

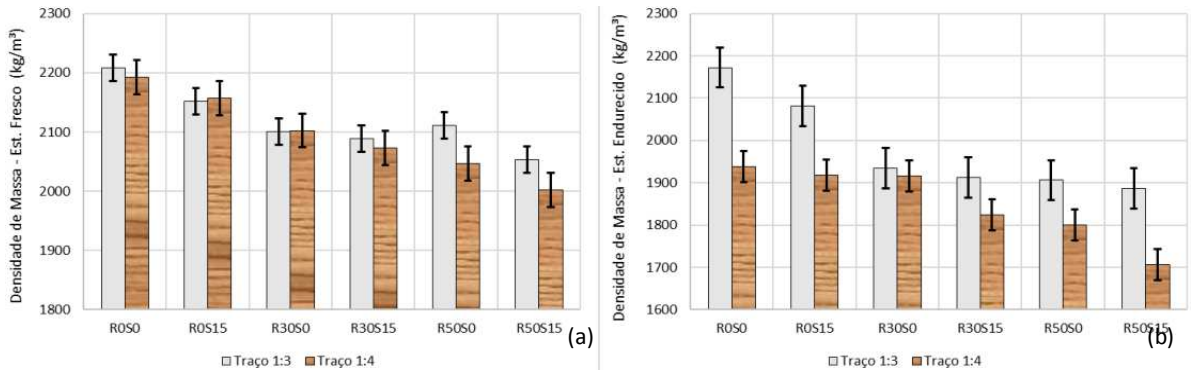


Fonte: Autores

Ao analisar o desempenho médio dessas argamassas nota-se que a presença da sílica foi mais positiva, pois o incremento na resistência foi maior, somente na mistura com agregado miúdo natural. As argamassas com resíduo tiveram uma redução visível quando comparadas com argamassa AMRC. E verifica-se que nem a presença da SA melhorou a resistência desses compósitos na maior parte dos resultados. A redução da resistência, comparando-se as argamassas com mesmo teor de substituintes, foi devido a variação de AMRC nas mesmas, pois o teor de SA empregada não para combater totalmente a alta porosidade do resíduo na mistura, como pode ser deduzido de estudos realizados por LEITE (2001).

O aumento de resistência apresentado nas argamassas sem AMRC e com SA, possivelmente foi causado pelo efeito *microfiler* juntamente com a alta atividade pozolânica desta adição mineral que resultou em uma zona de transição mais resistente na interface pasta-agregado de acordo com autores como MALHORTA (1996)[12]. Os resultados de densidade de massa no estado endurecido encontram-se nas Figuras 3a e 3b.

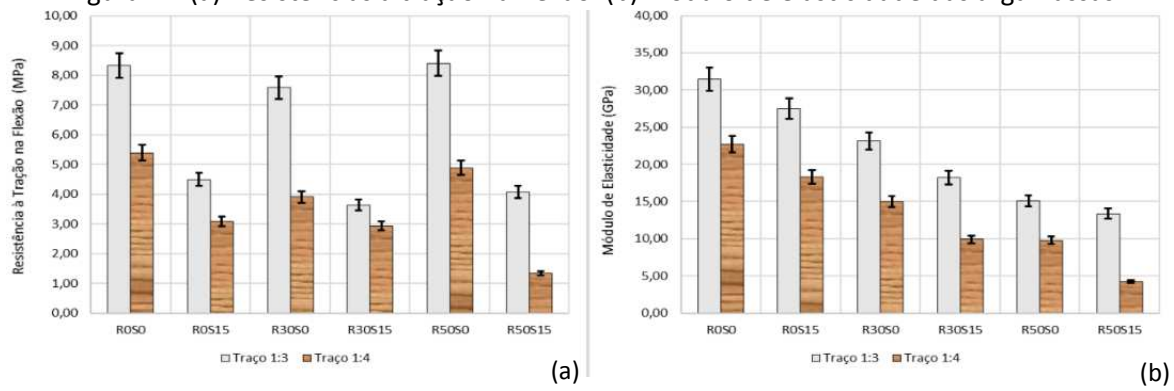
Figura 3 – Densidades de massa aparente das argamassas nos estados fresco e endurecido



Fonte: Autores

Nota-se uma variação entre os traços sem SA de 1-5%. Já para os traços com SA a variação foi entre 9-11%. A redução, no estado endurecido, pode ser explicada pelo princípio apresentado por MELO (2012)[13], onde as massas específicas dos materiais substituintes apresentavam-se menores que dos materiais substituídos desse modo diminuindo a densidade teórica média das argamassas à medida que os teores de SA e AMRC iam sendo elevados. Esse comportamento pode ser notado nos resultados de densidade no estado fresco (Figura 3a). Os valores médios de resistência à tração na flexão e módulo de elasticidade das argamassas de chapisco são apresentados na Figura 4a e 4b.

Figura 4 – (a) Resistências à tração na flexão. (b) modulo de elasticidade das argamassas



Fonte: Autores

Mediante os resultados mostrados na figura 4a nota-se uma redução da resistência à tração na flexão comparando-se as argamassas com e sem SA em uma mesma família, nos 2 traços trabalhados. De acordo com MALHORTA (1996), essa diminuição da resistência se deve à maior quantidade de água empregada nas argamassas com SA para manterem-se ou aproximar-se, em algumas ocasiões, do intervalo de espalhamento normativo. A presença de resíduos em argamassas de cimento levou a uma redução no módulo de elasticidade, conforme observado na figura 4b. A presença da SA não foi capaz de minimizar essa redução, porém já era esperado uma vez as relações a/ag eram diferentes. Com base nisto, o comportamento dos traços estudados pode ser explicado mediante o fato da incorporação de AMRC na mistura deixar mais vazios na argamassa no estado endurecido, a SA por sua vez chega a combater este problema por seu efeito *micro-filler*, porém devido à elevação no consumo de água pelo aumento do teor desses substituintes o módulo diminuiu quase que linearmente.

4. CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que a SA não melhorou eficazmente o desempenho das propriedades das argamassas de chapisco com AMRC em relação as argamassas somente com AMN, uma vez que no estado fresco houve a elevação do consumo de água para se chegar ao espalhamento normativo a medida que se incorporava resíduos e adição mineral, e no estado endurecido houve a diminuição das resistências mecânicas das argamassas mesmo com a presença da SA. Porém, ao se analisar os resultados obtidos em suas respectivas famílias se nota que os mesmos mantiveram certa proximidade entre si. Vale ressaltar que essa conclusão se atribui a um uso de adição mineral sem a presença de aditivos redutores de água.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LEITE, MÔNICA BATISTA. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

2. ERHART, RODRIGO LOPES. **Influência do chapisco com cinza de casca de arroz na aderência de argamassa em substratos cerâmicos com diferentes porosidades.** Dissertação (Mestrado). Universidade do Vale do Rio Sinos. São Leopoldo, 2014.

3. DA SILVA, N.G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Curitiba, 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

4. SANTOS, H. B. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento.** Monografia Curso de Especialização em Construção Civil – Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2008.

5. CARASEK, H. **Argamassas**. In: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. ISAIA, G.C. (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2007.

6. AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Construção de edifícios: do início ao fim da obra.** São Paulo: Pini, 2015.

7. PRETTO, MÁRCIA ELISA JACONDINO. **Análise da rugosidade de substratos de concreto com diferentes tratamentos superficiais, utilizando scanner tridimensional a laser.** Artigo 8º Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Curitiba, 2009.

8. CORINALDESI, V. **Mechanical behavior of masonry assemblages manufactured with recycled-aggregate mortars**. Cement & Concrete Composites, v. 31, p. 505-510, 2009.

9. CORINALDESI V.; MORICONI, G., **Behaviour of cementitious mortars containing different kinds of recycled aggregate.** Construction and Building Materials, (23), p. 289–294 (2009).

10. CALCADO, G. C. S. **Influência da adição de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho de argamassas de cimento Portland**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

11. BROOKS, J. J. **Concrete and masonry movements.** 1. ed. United States: Elsevier, 2015. 599 p.

12. MALHORTA, V.M.; e MEHTA, P.K.. **Pozzolanic and Cementitious Materials. Advances in Concrete Technology.** Vol.I, Overseas Publishers Association. Ottawa, Canadá, 1996.

13. MELO, F. C. A. C. **Análise de argamassas com substituição parcial do cimento portland por cinza residual de lenha de algaroba.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.