AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS COM AGREGADO RECICLADO

Tema: Sustentabilidade, vida útil e meio ambiente.
Grupo[1]: 1

THIAGO S. SANTANA[1], CLÁUDIO H. A. F. PEREIRA[2], FRANCISCO G. S. SILVA[3]

[1]Mestre, PECC, Universidade de Brasília/UnB, santana.tsilva@gmail.com
[2]Prof Dr, PECC, Universidade de Brasília/UnB, claudiochp@gmail.com
[3]Prof Dr, PPEC, Universidade Federal da Bahia/UFBA, fgabriel.ufba@gmail.com

RESUMO

A utilização do agregado reciclado na produção de argamassas é uma opção para redução do descarte de resíduos da construção civil. Este estudo visa avaliar a influência da substituição da areia natural pela areia reciclada nas propriedades das argamassas estabilizadas. Foram analisadas, no estado fresco e no estado endurecido, quatro argamassas estabilizadas com teores de substituição de 0%, 25%, 50% e 100%. Verificou-se que as quatro argamassas apresentaram comportamento semelhante no estado fresco e no estado endurecido uma redução das resistências mecânicas e um aumento da absorção de água das argamassas com o aumento do teor de substituição das areias.

Palavras-chave: resíduos de construção civil; agregado miúdo reciclado; argamassa estabilizada.

EVALUATION OF READY MIX MORTARS WITH RECYCLED AGGREGATE

ABSTRACT

The use of the recycled aggregate in the production of mortars is an option to reduce the disposal of construction waste. This study aims to evaluate the influence of the substitution of natural sand for recycled sand on the properties of ready mix mortars. In the fresh state and in the hardened state, four mortars stabilized with substitution levels of 0%, 25%, 50% and 100% were analyzed. It was verified that the four mortars presented similar behavior in the fresh state and in the hardened state a reduction of the mechanical strength and an increase of the water absorption of the mortars with the increase of the substitution content of the sands.

Key-words: construction waste; recycled aggregate; ready mix mortars.

[1] **Grupo 1:** Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma grande consumidora de matérias-primas naturais, assim como uma grande geradora de resíduos, como: restos de concreto, argamassas, blocos, rochas, entre outros materiais, sendo assim uma grande causadora de impacto ambiental.

A reciclagem desses resíduos como agregados reciclados é uma forma de reduzir o volume de resíduos descartados, além de reduzir o consumo de agregados naturais. Trabalhos como Jiménez *et al.* (2013)[(1)], Ledesma *et al.* (2015)[(2)], CARASEK *et al*., 2018[(3)] e PIMENTEL *et al.*, 2018[(4)] demonstram a possibilidade da utilização do agregado reciclado na produção de concretos e argamassas.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da substituição do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado nas propriedades das argamassas estabilizadas de revestimento.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

Para a produção das argamassas foram utilizados cimento Portland de alta resistência inicial (CPV-ARI), areia natural, areia reciclada, água, aditivo estabilizante de hidratação (AEH) e aditivo incorporador de ar (IAR). O CPV-ARI possui massa específica de 3,10 g/cm³ e tempo de início de pega de 130 min. A areia natural é uma areia lavada de rio, apresenta massa específica de 2,65 (g/cm³), teor de finos de 1,58% e absorção de água de 0,44%. A areia reciclada foi obtida por meio da britagem de resíduos de construção num britador de mandíbula com posterior lavagem. Essa areia apresenta massa específica de 2,54 (g/cm³), teor de finos de 9,04% e absorção de água de 5,48%. Os AEH e IAR utilizados foram da marca Matchem.

Foram produzidas quatro argamassas, sendo uma com 100% de areia natural (AAN)(0%), duas com teores de substituição de 25% (AAR25%) e 50% (AAR50%) da areia natural pela areia reciclada e uma com 100% de areia reciclada (AAR100%). As substituições das areias foram realizadas, em massa, nas frações retidas nas peneiras com abertura de 2,36mm, 1,18mm, 600μm, 300μm, 150μm, 75μm e fundo, a fim de evitar modificações na curva granulométrica de referência (areia natural).

As argamassas foram preparadas utilizando-se o Método Rápido de Ajuste (MRA) desenvolvido pelo Professor Bauer da Universidade de Brasília e utilizados por Oliveira (2017)[(5)] e Santana (2018)[(6)]. A consistência inicial das argamassas foi fixada em (75 ± 5) mm de penetração de cone. Essa consistência foi obtida com a utilização de 0,2% de IAR, juntamente com o acréscimo de água até se atingir a consistência desejada. Ressalta-se que o acréscimo de água engloba a compensação de 80% da absorção de água da areia reciclada. Já a dosagem do AEH foi baseada no tempo de estabilização de 8 horas. Esse tempo de estabilização foi escolhido por abranger a jornada de um dia de trabalho. Dessa forma, os

teores do aditivo, em relação à massa de cimento, foram incrementados até se obter uma penetração de cone de (55 ± 5) mm ao final das 8 horas de estabilização. Essa intervalo de penetração foi baseado em Angelim (2000)[7] e Souza (2005)[8]. Os traços das quatro argamassas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Traços das argamassas

Argamassa	Traço unitário em massa (c : an : ar : a/c)*	AEH (%)	IAR (%)
AAN	1 : 6,0 : 0,0 : 1,2	0,4	0,2
AAR25%	1 : 4,5 : 1,5 : 1,4	0,4	0,2
AAR50%	1 : 3,0 : 3,0 : 1,6	0,7	0,2
AAR100%	1 : 0,0 : 6,0 : 1,9	1,0	0,2

*- (cimento : areia natural : areia reciclada : a/c)

A avaliação das argamassas foi realizada no estado fresco por meio dos ensaios de determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado [9], índice de consistência[10], penetração de cone[11]. Esses ensaios foram realizados 0,5 horas após a produção das argamassas e ao final das 8 horas de estabilização das argamassas. Já no estado endurecido foram realizados os ensaios de determinação de densidade de massa no estado endurecido[12], resistência à tração na flexão e à compressão[13] e absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade[14]. Os corpos de prova utilizados nos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão foram moldados 0,5 horas após a produção das argamassas e ao final das 8 horas de estabilização das argamassas. Os corpos de prova para os demais ensaios foram moldados apenas 0,5 horas após a produção das argamassas.

As avaliações nos tempos de 0,5 horas após a produção das argamassas e após as 8 horas de estabilização visam verificar modificações das propriedades das argamassas ao longo do tempo de estabilização das argamassas estabilizadas com areia reciclada.

Ao longo do período de estabilização as argamassas estabilizadas foram armazenadas em recipientes plásticos e acondicionadas em sala climatizada com temperatura do ar de (23 ± 2)°C e umidade relativa do ar de (60 ± 5)%.

Antes da realização dos ensaios no estado fresco ou moldagens dos corpos de prova para os ensaios no estado endurecido as argamassas foram homogeneizadas manualmente.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

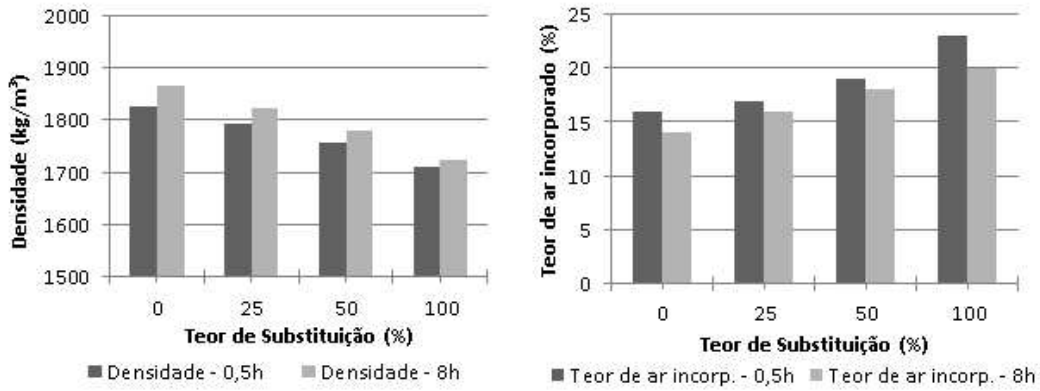
3.1. Estado fresco

Verificou-se que as argamassas com agregado reciclado, se comparadas à argamassa com 100% de areia natural, apresentaram uma maior demanda de água e teor de AEH para obterem a consistência inicial e a consistência ao final das 8 horas de estabilização. Essa maior demanda de água e de aditivo pelas argamassas com agregado reciclado, para uma mesma trabalhabilidade, deve se às características de maior angulosidade, maior teor de finos e maior absorção de água se comparada à areia natural.

Os resultados dos ensaios de densidade e teor de ar incorporado das quatro argamassas estabilizadas nos tempos de 0,5 horas e 8 horas são apresentados na Figura 1.

Observa-se que as densidades das argamassas reduziram gradativamente com o aumento do teor de substituição das areias. Essa redução deve-se ao aumento do teor de água e de ar incorporado nos traços devido ao aumento dos teores de substituição. A diferença de massa específica das areias é pequena, exercendo assim uma influência pequena sobre a diferença de densidade entre as argamassas. Essa redução da densidade no estado fresco com a utilização da areia reciclada também foi identificado por Carasek *et al.* (2018)[3], em argamassas com 100% de agregado reciclado, Ledesma *et al.* (2016)[15], em argamassas com teor de substituição de 50%, e Jiménez *et al.* (2013)[1], em argamassas com teor de substituição de 25%.

Figura 1 – Densidade e teor de ar incorporado *versus* teor de substituição



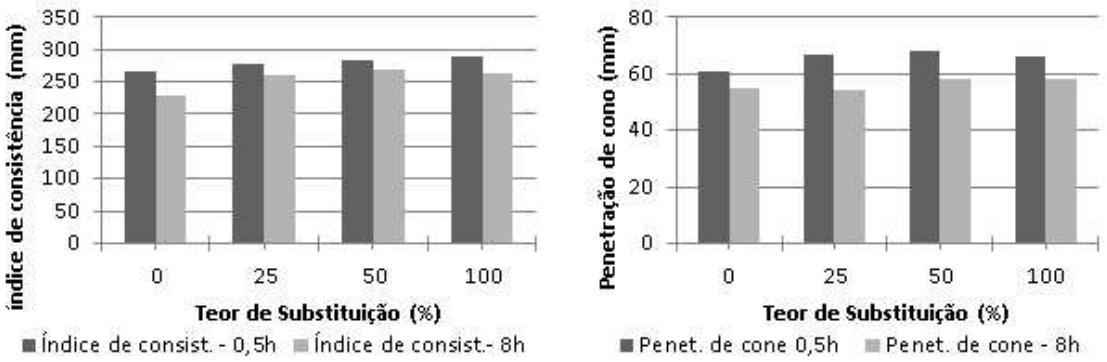
Fonte: Autor

Concomitante, ocorreu um aumento do teor de ar incorporado apesar do teor de IAR ter sido fixado. Igual aumento do teor de ar incorporado foi identificado por Oliveira (2017)[5] e atribuído à combinação do IAR com o AEH. Além disso, o aumento da relação a/c pode acarretar o aumento da incorporação de ar (RIXON e MAILVAGANA, 1999)[16].

Nota-se ainda uma redução do teor de ar incorporado ao final das 8 horas de estabilização se comparado aos valores obtidos as 0,5 horas. Essa redução reflete no aumento da densidade das argamassas com o aumento do tempo de estabilização.

Na Figura 2 são apresentados, respectivamente, os resultados do ensaio de índice de consistência e penetração de cone das quatro argamassas nos tempos de 0,5 horas e 8 horas.

Figura 2 – índice de consistência e penetração de cone *versus* teor de substituição



Fonte: Autor

Nota-se que as quatro argamassas apresentaram valores semelhantes tanto no índice de consistência como na penetração de cone. Isso se deve à fixação da consistência inicial e final de estabilização. Também se verifica um ganho de consistência das quatro argamassas com o aumento do tempo de estabilização, visto que ocorreu a redução dos valores de índice de consistência e penetração de cone.

3.2. Estado endurecido

Os resultados dos ensaios de densidade no estado endurecido e de determinação do coeficiente de capilaridade são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Densidade no estado endurecido e coeficiente de capilaridade

Ensaio	Teor de substituição			
	0%	25%	50%	100%
Densidade (kg/m³)	1620	1581	1522	1391
Coeficiente de Variação – Densidade (%)	1,12	0,52	0,12	1,45
Coeficiente de capilaridade (capilaridade (g/dm³. min $^{1}/^{2}$)	3,7	5,5	7,4	11,7
Coeficiente de Variação – Coeficiente de capilaridade (%)	3,36	3,00	2,50	0,84

Verifica-se que ocorreu a redução da densidade das argamassas com o aumento do teor de substituição das areias, estando assim em concordâncias com os resultados de densidade e

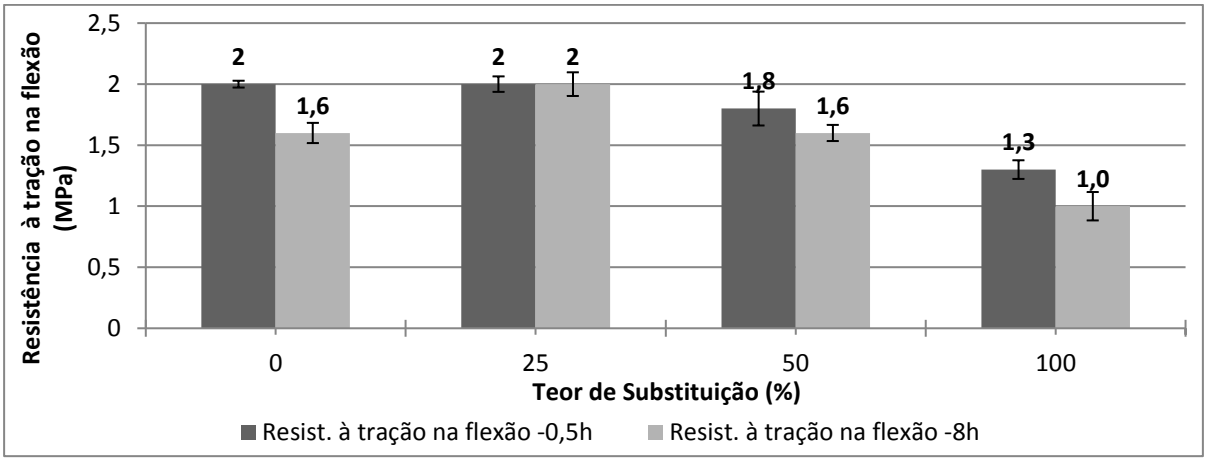
teor de ar incorporado obtidos no estado fresco. Essa redução deve-se ao aumento da porosidade devido ao aumento da quantidade de águas nos traços e do teor de ar incorporado.

Samiei *et al.* (2015)[17] e Pimentel *et al.* (2018)[4] também identificaram redução da densidade das argamassas com o aumento do teor de substituição da areia natural pela areia reciclada.

Esse aumento da porosidade se reflete com o aumento do coeficiente de capilaridade com o aumento do teor de substituição das areias.

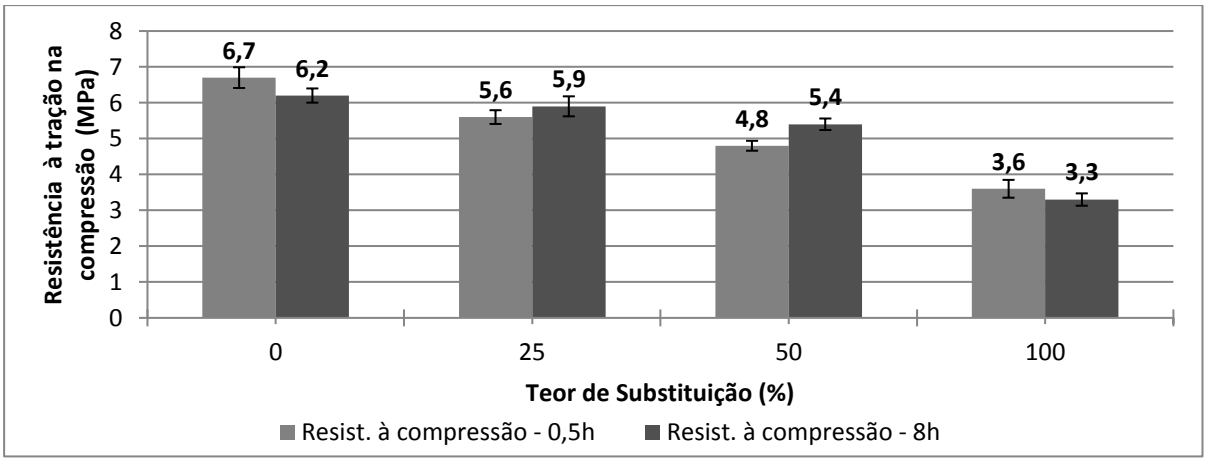
Já os resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão são expostos nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Resistência à tração na flexão *versus* teor de substituição



Fonte: Autor

Figura 4 – Resistência à tração na flexão *versus* teor de substituição



Fonte: Autor

Nota-se que tanto a resistência à tração na flexão como a resistência à compressão apresentaram uma redução gradativa de seus valores com o aumento do teor de substituição das areias. Essas reduções devem-se ao aumento do teor de água nos traços, consequentemente um aumento da relação água/cimento, e ao aumento da porosidade das argamassas, evidenciado pelo aumento dos coeficientes de capilaridade, devido ao aumento do teor de substituição das areias.

Comparando os valores de resistência à tração na flexão e à compressão nos tempos de 0,5 horas e 8 horas, verifica-se que as argamassas não apresentaram um comportamento homogêneo. Porém, em geral, os valores nos dois tempos foram semelhantes nos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão.

4. CONCLUSÃO

Inicialmente verificou-se uma maior demanda de água e de aditivo, para uma mesma trabalhabilidade, pelas argamassas com agregado reciclado se comparadas à argamassa com 100% de areia natural.

Além disso, por meio dos ensaios no estado fresco verificou-se uma redução da densidade e aumento do teor de ar incorporado com o aumento do teor de substituição da areia natural pela areia reciclada. Em relação ao índice de consistência e a penetração de cone, verificou-se que as quatro argamassas estabilizadas apresentaram um comportamento semelhante no estado fresco. As argamassas apresentaram ainda um ganho de consistência ao final das 8 horas de estabilização.

Já no estado endurecido, constatou-se uma redução das resistências à tração na flexão e à compressão, assim como o aumento do coeficiente de capilaridade, com o aumento do teor de substituição da areia natural pela areia reciclada. Os valores de resistência à tração na flexão e à compressão apresentaram, em geral, valores de semelhantes nos dois tempos analisados.

Dessa forma, conclui-se que a substituição da areia natural pela areia reciclada não ocasionou modificações nas argamassas estabilizadas no estado fresco. Já no estado endurecido, a substituição das areias ocasionou redução das propriedades mecânicas das argamassas estabilizadas com o aumento do teor de substituição.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JIMÉNEZ, J. R., AYUSO, J., LÓPEZ, M., FERNÁNDEZ, J. M., DE BRITO, J. Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing. **Construction and Building Materials**, v. 40, p. 679–690, 2013.

2. LEDESMA, E. F., JIMÉNEZ, J.R.; AYUSO, J.; FERNÁNDEZ, J. M.; BRITO, J. Maximum feasible use of recycled sand from construction and demolition waste for eco-mortar

production – Part-I: ceramic masonry waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, n. 15, p. 692-706, 2015.

3. CARASEK, H.; ARAÚJO, R. C.; CASCUDO, O; ANGELIM, R. Estudo e avaliação de agregados reciclados de resíduo de construção e demolição para argamassas de assentamento e de revestimento. **Cerâmica**, v.64, n.370, p.288-300, 2018.

4. PIMENTEL, L.L.; PISSOLATO JUNIOR, O.; JACINTHO, A.E.P.G.A.; MARTINS, H.L.S. Argamassa com areia proveniente da britagem de resíduo de construção civil – Avaliação de características físicas e mecânicas. **Revista Matéria**, v.23, n.1, 2018.

5. OLIVEIRA, V. C. **Estudo Comportamental da Formulação, dos Requisitos e das Propriedades das Argamassas Estabilizadas de Revestimento**. 2017.Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

6. SANTANA, T. S. **Avaliação da Influência da Utilização de Agregado Miúdo Reciclado em Argamassas Estabilizadas**. 2018. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

7. ANGELIM, R. R. **Influência da adição de finos calcários, silicosos e argilosos no comportamento das argamassas de revestimento**. 146p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.

8. SOUSA, J. G. G. **Contribuição ao Estudo das Propriedades das Argamassas de Revestimento no Estado Fresco.** Tese de Doutorado, Publicação E.TD 010A/05, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. 233p. Brasília, DF, 2005

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 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: ABNT, 2005.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

11. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM. C780**: Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry. USA: ASTM, 2014.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

15. LEDESMA, E.F.; JIMÉNEZ, J.R.; AYUSO, J.; CORINALDESI, V.; IGLESIAS-GODINO, F.J. A proposal for the maximum use of recycled concrete sand in masonry mortar design. **Materiales de Construcción**. v. 66, n. 321], e075, 2016.

16. RIXON, R.; MAILVAGANAM, N. **Chemical admixtures for concrete**, 3th Ed. E & FN Spon, Londres, 1999.

17. SAMIE. R. R.; DANIOTTI, B.; PELOSATO, R.; DOTELLI, G. Properties of cement–lime mortars vs. cement mortars containing recycled concrete aggregates. **Construction and Building Materials**. v. 84, 1, p. 84-94, 2015.