

AVALIAÇÃO DE UM PROCESSO RACIONAL DE DOSAGEM DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM AREIA RECICLADA PRODUZIDA EM OBRA

Lorena Elaine Porto⁽¹⁾; Leonardo Fagundes Rosembach Miranda⁽²⁾; Sérgio Cirelli Angulo⁽³⁾

(1) Universidade Federal do Paraná UFPR, e-mail: lorenaelaineporto@yahoo.es

(2) Universidade Federal do Paraná UFPR, e-mail: lfrmiranda@ig.com.br

(3) Universidade de São Paulo USP, e-mail: scangulo@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem por objetivo validar a metodologia proposta por Miranda (2010) de reciclagem de RCD em canteiros de obras para a produção de argamassas de assentamento de alvenaria de vedação. A proposta feita por Miranda (2010) utilizou apenas amostras de RCD obtidas na cidade de Recife/PE, porém precisa ser verificada e validada para amostras da região de Curitiba/PR. Para este estudo foram produzidas argamassas com teores de 100% e 50% de agregado reciclado, bem como uma argamassa de referência, somente com agregado natural, para comparação dos resultados. A metodologia proposta envolve a caracterização dos agregados miúdos, como análise granulométrica, massa unitária, absorção de água e teor de finos <0,075 mm. Também foram feitos ensaios de caracterização das argamassas com agregado reciclado: resistência à compressão e à tração na flexão, consistência, consumo de cimento por m³, teor total de finos <0,075 mm, densidade de massa fresca, densidade de massa no estado endurecido e relação a/c. Para a avaliação das resistências à aderência foram produzidos prismas com três blocos cerâmicos com o objetivo de se fazer ensaios de resistência ao cisalhamento e à flexão. Os resultados demonstraram que somente duas propriedades avaliadas precisam ser usadas para dosagem das argamassas em obra: o teor total de finos <0,075 mm e o consumo de cimento em kg/m³. Mantendo as características dos agregados entre os limites estabelecidos para estas propriedades, pode-se afirmar que a argamassa pode ser utilizada para assentamento de alvenaria não estrutural. Os limites estabelecidos validaram o proposto por Miranda (2010) não sendo necessário adaptar os valores para os resíduos de Curitiba.

Palavras-chave: *Resíduo de construção e demolição; reciclagem; argamassa de assentamento.*

Abstract

This work aims to validate the methodology proposal by Miranda (2010) for recycling of construction and demolition waste at construction site for production of bedding mortar of non structural masonry. The methodology proposed by Miranda (2010) used only samples of CDW collected in the city of Recife/PE, however it needs to be verified for samples of region of Curitiba/PR. For this study they were produced mortar with amounts of 100% and 50% of recycled sand, as well as a reference mortar, only with natural sand for comparison of the results. The methodology proposal involves the characterization of recycled sand, as grain size distribution, humidity, unit weight, water absorption and material finer than 0,075 mm. Mortar with recycled sand were characterized by compressive and tensile strength, consistency, cement consumption, total material finer than 0,075 mm, density of fresh mortar, density of hardened mortar and water/cement ratio. Prisms made with three ceramic blocks

were molded and their bond shear strength and bond flexural strength were evaluated. Results demonstrated that only two properties must be evaluated for dosage of mortars: the cement consumption and the total material finer than 0,075 mm. Keeping these properties inside of limits established it can be affirmed that the mortar can be used in non structural masonry. The established limits by Miranda (2010) were validated, not being necessary to adapt the values.

Keywords: *construction and demolition waste, recycling, bedding mortar.*

INTRODUÇÃO

Muito se fala nos dias atuais em sustentabilidade e cuidados com resíduos sólidos ou líquidos produzidos pelo ser humano. Dentro deste contexto a construção civil muito tem a fazer no que concerne à reciclagem de materiais que são descartados no curso de uma obra em construção.

O setor da construção civil apresenta-se como um dos setores mais críticos no que diz respeito aos impactos ambientais, pois é responsável por cerca de 50% do CO₂ lançado na atmosfera e por quase metade da quantidade dos resíduos sólidos gerados no mundo (JOHN, 2000).

Atualmente, a disposição indiscriminada dos resíduos de construção, em aterros ou em botaforas, vem recebendo maior preocupação em relação ao meio ambiente e a qualidade de vida das cidades. Nesse contexto, o desperdício na construção civil vem sendo combatido com a qualificação da mão-de-obra, maior controle na aplicação dos materiais e projetos executivos melhor detalhados. Este pequeno avanço, no entanto, não torna inevitável a geração de entulho (ALTHEMAN, 2002).

Uma alternativa para aplicação do RCD é na preparação de argamassas de assentamento de alvenaria de vedação. Esta é uma alternativa interessante por usar grande quantidade de agregado miúdo, porém sem função estrutural, tendo pouca solicitação do próprio material e não exigindo níveis altos de resistência.

O presente estudo objetiva aplicar a metodologia de dosagem racional de argamassas de assentamento feitas com areia reciclada em obra proposta por Miranda (2010), de forma a validar suas especificações para resíduos de construção coletados em Curitiba/PR.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de RCD classe A foram obtidas em uma obra da região de Curitiba que estava em diferentes fases de execução, durante aproximadamente um mês. Estas amostras foram classificadas de acordo com sua procedência, ou seja, a composição do RCD (argamassa endurecida, blocos cerâmicos, concreto e placas cerâmicas). Estas amostras foram separadas em 4 grupos (em cada etapa de coleta) e produzidas argamassas com teores de 50% e 100% de RCD, bem como a argamassa de referência somente com areia natural.

As argamassas produzidas foram utilizadas na fabricação de prismas com o objetivo de execução dos ensaios de resistência ao cisalhamento e à flexão. Tanto as areias quanto as argamassas passaram por ensaios de caracterização descritos a seguir.

1.1. Caracterização das areias

Foram coletadas 4 amostras de areia reciclada e uma de areia natural. Estas amostras foram retiradas de resíduos produzidos em obra de diferentes etapas de execução. Foram feitas avaliações visuais da quantidade de cada material presente no RCD antes da trituração. Os

diferentes percentuais de composição de cada amostra estão dispostos na tabela 01.

Tabela 01: Composição aproximada das amostra de RCD.

| Amostra | Constituição (%) | | | |
|---------|------------------|----------|----------------|----------------|
| | Argamassa | Concreto | Bloco cerâmico | Placa cerâmica |
| A1 | 85 | - | 10 | 5 |
| A2 | 95 | - | 5 | - |
| A3 | 60 | - | 40 | - |
| A4 | - | - | - | 100 |

Para caracterização das areias foram feitos os ensaios de umidade, massa unitária, teor de finos, granulometria e absorção de água.

1.2. Caracterização das argamassas

Foram produzidas argamassas com 50% e 100% de teor de areia reciclada, bem como uma amostra de argamassa de referência com 100% de areia natural (com o uso de cal). Os ensaios realizados na argamassa fresca foram densidade de massa, consistência e cálculo do consumo de cimento por m³. também foi determinado o teor total de finos < 0,075 mm presentes na argamassa, o que inclui finos oriundo de cimento, cal e agregados. Na argamassa endurecida foram realizados ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão e densidade de massa endurecida. Os ensaios no estado endurecido foram realizados aos 28 dias após cura seca em ambiente de laboratório.

1.3. Ensaios de desempenho

Os ensaios de desempenho realizados foram: resistência de aderência à flexão e resistência de aderência ao cisalhamento. Estes ensaios foram realizados em pequenos prismas confeccionados pela união de 3 blocos cerâmicos de 6 furos (9 x 14 x 19 cm) com argamassa. Para cada tipo de ensaio e para cada argamassa foram fabricados 5 prismas, totalizando 80 prismas. Os ensaios foram realizados na idade de 28 dias.

Para a realização do ensaio de resistência de aderência à flexão, o prisma moldado foi colocado na horizontal (mas com a face do espelho na horizontal) e apoiado sobre 2 suportes cilíndricos de concreto, tomando-se o cuidado de manter-se os apoios no centro dos blocos. Assim, o comprimento do vão era igual a 40 cm, altura igual a 9 cm e largura igual a 19 cm. O carregamento foi feito manualmente, com taxa de 2 N/s, sobre o bloco central do prisma.

Para a realização do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento, os prismas moldados foram colocados na horizontal (mas com a face do espelho na vertical) e apoiados sobre 2 blocos de concreto nas extremidades dos blocos que compunham os prismas, sendo que os blocos da extremidade estavam presos aos blocos de concreto por hastes de aço. O carregamento foi feito manualmente, com taxa de 2 N/s, sobre o bloco central do prisma até a ruptura. A área resistente era a soma das duas laterais do bloco cerâmico, totalizando 260 cm². Devido à trabalhabilidade das argamassas não foi possível preencher toda a área lateral do bloco. A área real utilizada foi de aproximadamente 75% para a maioria dos blocos. Por esse motivo a área resistente utilizada foi ajustada à 260 cm².

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades mecânicas das argamassas de assentamento e prismas de alvenaria de vedação com areia reciclada mostraram estar correlacionadas com outras propriedades como: densidade de massa no estado fresco, teor total de finos <0,075 mm e absorção de água do agregado. A densidade de massa no estado fresco mostrou estar correlacionada com o teor total de finos <0,075 mm e a absorção de água do agregado. Sendo assim, foi possível verificar para estas amostras que a metodologia proposta por Miranda (2010) é aplicável. O resumo dos resultados obtidos das propriedades ensaiadas estão na Tabela 02. exemplos de gráficos obtidos são apresentados na Figura 1.

Tabela 02: Resumo dos resultados obtidos das propriedades ensaiadas.

| Amostras | Cisalhamento de prisma (kPa) | Flexão de prisma (kPa) | Compressão (MPa) | Teor total de finos (%) | Densidade endurecida kg/m ³ | Densidade fresca kg/m ³ | Consumo de cimento (kg/m ³) | Absorção do agregado (%) |
|----------|------------------------------|------------------------|------------------|-------------------------|--|------------------------------------|---|--------------------------|
| A1 100% | 11,79 | 7,35 | 1,88 | 18,5 | 1398 | 1737 | 157 | 3,46 |
| A2 100% | 15,94 | 3,42 | 2,27 | 20,8 | 1486 | 1780 | 165 | 11,92 |
| A3 100% | 18,10 | 2,65 | 4,58 | 16,8 | 1694 | 1914 | 178 | 10,82 |
| A4 100% | 17,81 | 3,07 | 6,41 | 17,6 | 1548 | 1775 | 160 | 12,91 |
| A1 50% | 13,88 | 17,16 | 3,89 | 17,9 | 1722 | 1911 | 184 | 2,61 |
| A2 50% | 18,54 | 7,07 | 4,21 | 19,1 | 1722 | 1942 | 187 | 6,83 |
| A3 50% | 19,40 | 21,11 | 4,52 | 16,9 | 1732 | 1904 | 184 | 6,28 |
| A4 50% | 19,05 | 3,70 | 6,26 | 17,3 | 1660 | 1932 | 188 | 7,33 |
| REF | 21,68 | 19,26 | 4,50 | 16,5 | 1862 | 2111 | 215 | 1,75 |

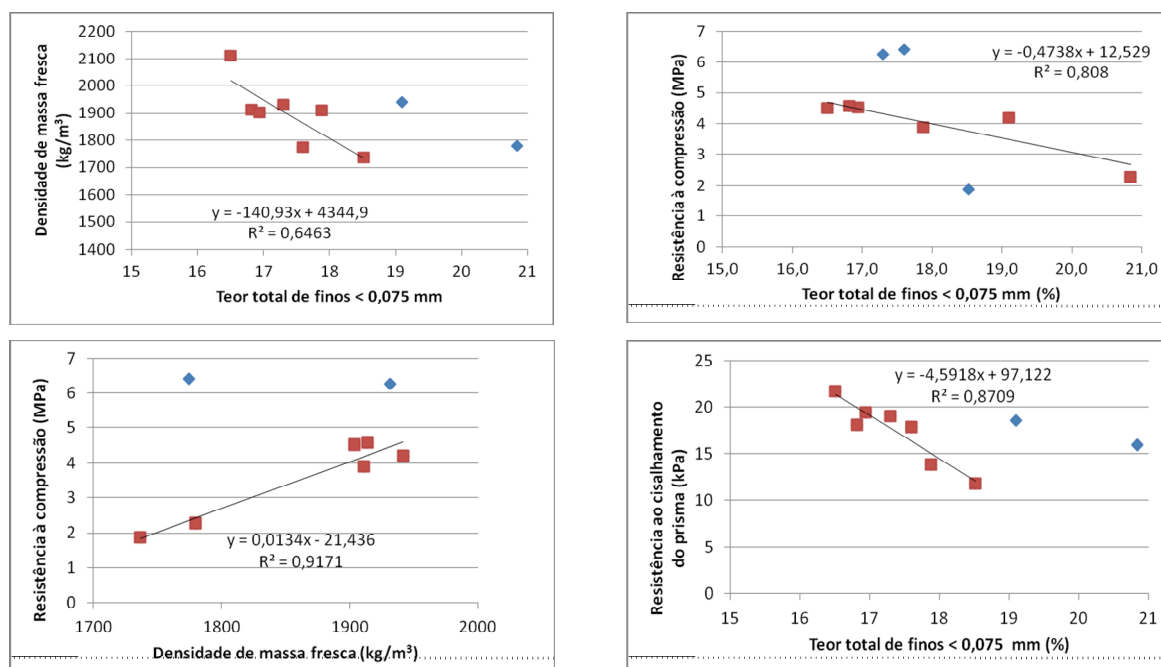


Figura 1: Exemplos de correlações entre propriedades de argamassas e agregados reciclados que comprovaram a metodologia proposta.

A Figura 1 indica que existe correlação entre as propriedades de resistência à compressão e cisalhamento, densidade de massa fresca e teor total de finos da argamassa e que, sem

comprometer a trabalhabilidade, a redução do teor total de finos da argamassa é interessante para melhorar seu desempenho no estado endurecido.

Nos prismas, as melhores resistências foram para argamassas com 100% de RCD no ensaio de cisalhamento e 50% para o ensaio de flexão. Na resistência ao cisalhamento dos prismas, foi notório que, com a metodologia empregada, os prismas romperam principalmente por cisalhamento da junção argamassa/bloco, sem ter ocorrido dano a qualquer bloco em virtude do ensaio, indicando que o processo de ensaio utilizado foi eficaz.

A produção e controle de argamassas de assentamento de alvenaria de vedação produzidas com areia reciclada em obra, inclusive com limites a serem obedecidos para que se tenha baixo risco de mau desempenho é aplicável a estes casos. Para isto, propõem-se o teor total de finos $<0,075$ mm e a densidade massa fresca (acompanhada do cálculo de consumo de cimento) como propriedades mínimas a serem determinadas para o processo de dosagem das argamassas de assentamento de alvenaria de vedação em obra. Através dessas propriedades, é possível definir a proporção de mistura entre agregado reciclado e natural e a proporção necessária entre cimento e agregado para que os limites especificados das propriedades de teor total de finos e consumo de cimento por m^3 sejam atingidos.

Também verificou-se a necessidade de avaliação da procedência de certos agregados de RCD, como o da amostra A4. Devido ao fato de ser uma amostra com composição diferente das demais (exclusivamente placa cerâmica), verificou-se um comportamento também diferente. Suas resistências foram superiores às encontradas para as demais amostras, indicando a influência da natureza do agregado reciclado. Por isto elas foram desconsideradas nos gráficos de resistência à compressão x densidade de massa fresca e resistência à compressão x teor total de finos. O mesmo pode ter ocorrido para a amostra A2 composta basicamente por resíduo de argamassa, causando dispersão dos resultados. Isto indica que em função da fase da obra, quando os resíduos forem compostos prioritariamente por uma única natureza e não por uma misturas de diferentes tipos de resíduos, torna-se necessário reavaliar a dosagem usada na argamassa para garantir um bom desempenho. O uso de agregado miúdo de RCD tem influência nas propriedades da argamassa fazendo-se obrigatória uma análise cuidadosa de suas propriedades, bem como recomenda-se estudos mais amplos em diferentes composições de RCD e aplicações.

3. CONCLUSÕES

Foi possível validar, através dos diversos testes realizados, a metodologia de dosagem e os limites de especificação propostos por Miranda (2010) para garantir o bom desempenho de argamassas de assentamento feitas com areia reciclada produzida em obra. Este estudo demonstra que o uso de RCD em canteiro de obras é, não somente possível, como viável tecnicamente na prática diária da construção. Desta forma é possível evitar o desperdício bem como o cumprimento da legislação em vigor.

REFERÊNCIAS

- ALTHEMAM, D. **Avaliação da durabilidade de concretos confeccionados com entulho de construção civil**. Relatório final de Iniciação Científica apresentado a FAPESP. UNICAMP, Campinas, 2002, 102p.
- JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2000. 102p.
- MIRANDA, L. F. R. **Metodologia para reciclagem de resíduos de construção em canteiros de obras**. Projeto CNPq Universal. Relatório Final. 2010.