

USO DE AREIA RECICLADA EM ARGAMASSA

Arthur Venancio Vernacci; Henrique de Alcaraz Reale; Luca Nakamura Mattazio;
Naomi Mendes Obata; Victor Martin Felix dos Santos

RESUMO

A argamassa é um importante material para a construção civil, utilizada em revestimentos internos e externos, assentamentos de blocos cerâmicos, e contrapiso. Ela apresenta, em sua composição, areia natural, cimento e cal hidratada. A proposta deste trabalho é substituir a areia natural pela areia reciclada no desenvolvimento de argamassa com o intuito de dar um uso ao agregado reciclado. Com essa finalidade, foram realizados diversos ensaios – de acordo com a norma NBR- a fim de caracterizar o agregado reciclado; e analisar a consistência e resistência da argamassa com e sem areia reciclada. Em seguida, a partir dos resultados dos experimentos, foi possível comparar a argamassa composta por areia reciclada com a argamassa sem o agregado reciclado, definir o teor de agregado reciclado e verificar a adequação da substituição proposta.

Palavras-chave: Resíduo de construção, reciclagem, agregado natural, agregado reciclado.

1.INTRODUÇÃO

O reaproveitamento de resíduos apresenta-se como uma alternativa para a destinação ao aterro, onde a reciclagem se destaca como uma forma de reaproveitamento na engenharia civil que pode ser vantajosa tanto para a empresa, mas principalmente ao meio ambiente. É possível modificar a composição do produto final ao inserir produtos reciclados nele, sem impactar negativamente, mas sim mantendo ou aumentando sua qualidade e garantindo que ele esteja de acordo com as normas.

Entretanto, no caso da substituição de areia natural por reciclada na composição da argamassa, é necessário antes verificar a viabilidade. A definição de argamassa, na engenharia civil, é de uma mistura homogênea de cimento, água, areia com ou sem aditivos, cujas proporções e características dos componentes alteram as suas

propriedades e, portanto, é preciso analisar e caracterizar o agregado miúdo reciclado e as propriedades tanto da argamassa com o material reciclado quanto da sem, a título de comparação entre os efeitos. Dependendo das propriedades e características, é possível verificar se a areia reciclada é adequada a um certo uso e se é vantajosa a substituição.

Para caracterizar amostra de areia reciclada, deve ser analisada a proporção dos diferentes tamanhos de grãos; a quantidade de material fino; a quantidade de massa de água absorvida. Para caracterizar a argamassa, é necessário determinar sua consistência e a resistência.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo realizar a caracterização dos agregados reciclados, conforme as normas técnicas vigentes, de forma a se avaliar seu uso em substituição ao agregado natural em uma argamassa.

3. EXPERIMENTOS

Nesta seção, são descritos todos os ensaios realizados com o agregado reciclado e com a argamassa.

3.1. Caracterização do agregado reciclado

A amostra de areia reciclada foi conseguida na usina de reciclagem Renotran, em Carapicuíba/SP. Segundo a empresa, ela foi obtida através da moagem de resíduos mistos de construção civil. Em um primeiro momento, foi utilizado o quarteador tipo Jones para separar as sub-amostras que serão utilizadas nos ensaios. Para compreender o efeito do agregado na argamassa, foi necessário caracterizá-lo segundo normas técnicas, descritas a seguir.



Imagem 1: Agregado reciclado

3.1.1. Determinação da composição granulométrica (NBR NM 248:2003)

A composição granulométrica é obtida a partir do peneiramento de uma amostra de 300g, dividida em duas partes. As peneiras, de 75 µm até 4,75 mm, são ordenadas em ordem crescente de abertura de malha, para ser colocada a primeira parte da amostra na peneira superior. Cada peneira é destacada e agitada manualmente por dois minutos, onde é obtida a massa do material retido do lado interno, sendo o procedimento realizado para todas as peneiras e o fundo do conjunto. O ensaio é repetido para a segunda parte da amostra.

3.1.2. Determinação do material fino por lavagem (NBR NM 46:2003)

O material fino é obtido a partir de uma amostra de 500 g, colocada em um recipiente e coberta por água, onde é agitada de modo a fazê-lo ficar em suspensão, para depois ser vertida sobre a peneira 75 µm. O processo é repetido diversas vezes, até que a água saia clara e a porcentagem fina tenha sido retirada. O material retido na peneira é retornado à amostra, para ser secado em estufa e determinada sua massa.

3.1.3. Determinação da absorção de água (NBR NM 30:2001 - adaptada)

Uma amostra de 1 kg é coberta de água por 24 horas. Posteriormente, a água é descartada e a amostra encharcada é colocada em uma panela, para ser aquecida e retirar a água livre por evaporação. A areia é colocada em um tronco-cônico metálico, onde aplicam-se 25 golpes e é levantado verticalmente: se conservar a forma do molde, o agregado ainda possui umidade superficial, devendo portanto ser retornado à panela. A secagem é realizada até que o cone se desmonte quando levantado, obtendo assim a condição de agregado saturado com superfície seca, para ser determinada sua massa.



Imagem 2: Teste de absorção de água

3.2 Argamassa com areias natural e reciclada

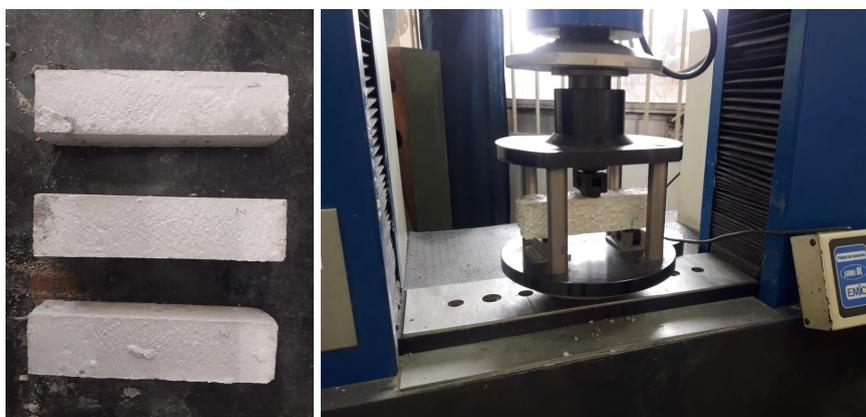
Após a caracterização do agregado reciclado, é necessária a determinação de suas características no estado fresco e endurecido, sendo as primeiras ligadas à trabalhabilidade e a consistência da argamassa, e as segundas, à resistência à tração na flexão e à compressão.

3.2.1. Determinação do índice de consistência (NBR 13276:2016 - adaptada)

Logo após a preparação da argamassa, deve-se preencher o molde tronco-cônico, posicionado no centro da mesa para índice de consistência, com três camadas sucessivas, e aplicar, respectivamente, quinze, dez e cinco golpes com o soquete. Após o rasamento da argamassa, deve-se retirar o molde e medir o espalhamento em três diâmetros tomados em pares de pontos uniformemente distribuídos no perímetro. O índice corresponde à média destas medidas.

3.2.2. Resistência à tração na flexão e à compressão

Imediatamente após o preparo da argamassa, devem ser moldados os corpos de prova, nivelados e adensados. As rupturas devem ser realizadas aos 28 dias, o que foi impossibilitado pelo calendário da disciplina, sendo realizada portanto após 17 dias. A resistência à tração na flexão é determinada através da relação entre a carga de ruptura e a distância entre os suportes. Já o ensaio de resistência à compressão é realizado nas duas metades dos corpos de prova do ensaio de flexão e calculado em função da carga de ruptura e área padronizada de 1600 mm².



Imagens 3 e 4: Corpos de prova e teste de resistência à tração na flexão.

4. RESULTADOS

4.1. Propriedades da areia reciclada

Determinação da composição granulométrica (NBR NM 248:2003)

Tabela 1 - Composições granulométricas dos ensaios realizados.

| | Ensaio 1 | | | Ensaio 2 | | |
|--------------------------|------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Massa inicial (g) | 136,43 | | | 155,23 | | |
| Peneira | Massa (g) | % de massa retida | % de massa retida acumulada | Massa (g) | % de massa retida | % de massa retida acumulada |
| 4,75 mm | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2,36 mm | 3,43 | 2,62% | 2,62% | 3,43 | 2,26% | 2,26% |
| 1,18 mm | 28,34 | 21,61% | 24,23% | 31,37 | 20,64% | 22,90% |
| 600 µm | 34,86 | 26,59% | 50,82% | 38,79 | 25,52% | 48,42% |
| 300 µm | 26,18 | 19,97% | 70,78% | 33 | 21,71% | 70,14% |
| 150 µm | 25,99 | 19,82% | 90,60% | 30,12 | 19,82% | 89,96% |
| Fundo | 12,32 | 9,40% | --- | 15,26 | 10,04% | --- |
| Massa final (g) | 131,12 | 100% | | 151,97 | 100% | |
| Perda (g) | 5,31 | 3,89% | | 3,26 | 2,10% | |

Tabela 2 - Porcentagem média, retida e acumulada, em cada peneira.

| Peneira | % de massa retida | % de massa retida acumulada |
|----------------|--------------------------|------------------------------------|
| 4,75 mm | 0,00% | 0 |
| 2,36 mm | 2,44% | 2,44% |
| 1,18 mm | 21,13% | 23,56% |
| 600 µm | 26,06% | 49,62% |
| 300 µm | 20,84% | 70,46% |
| 150 µm | 19,82% | 90,28% |
| Fundo | 9,72% | --- |
| | 100% | |

A dimensão máxima característica corresponde à abertura da peneira no qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou inferior a 5%, ou seja, 2,36 mm. O módulo de finura da areia reciclada é calculado somando a porcentagem de massa retida acumulada, de onde se obtém

$MF = \frac{2,44 + 23,56 + 49,62 + 70,46 + 90,28}{100} = 2,364$. Como o valor é inferior a 2,4, esta areia é classificada como fina.

Determinação do material fino por lavagem (NBR NM 46:2003)

A massa inicial para amostragem foi de 556,96 g. Após a realização do ensaio e sua secagem em estufa, foi obtida a massa final de 454,49 g. Logo, a porcentagem de materiais finos ($< 75 \mu\text{m}$) é $m = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 = 18,39 \%$. Segundo a NBR 15116:2004, o valor calculado está acima do valor máximo limitado para agregados miúdos de resíduo misto, definido em 17%.

Determinação da absorção de água (NBR NM 30:2001)

Conforme procedimentos da norma, foi obtida a massa da amostra saturada superfície seca, com o valor de 1065,02 g. Após secagem em estufa, o seu valor foi para 962,12 g, de onde é calculada a absorção $A = \frac{m_s - m}{m} \times 100 = 10,69 \%$. Segundo a NBR 15116:2004, o valor se encontra dentro do requisito para o tipo de agregado, definido em $\leq 20\%$.

4.2 Propriedades da argamassa

O traço para a produção da argamassa foi realizado em conjunto com os outros grupos da disciplina, visto que seria utilizada a mesma argamassa com areia natural como efeito de comparação. O traço em volume de 1:2:9 (cimento:cal:areia), teve seus valores multiplicados pelas respectivas densidades aparentes, e normalizadas pelo cimento, $\frac{1 \times 0,96}{0,96} : \frac{2 \times 0,45}{0,96} : \frac{9 \times 1,5}{0,96}$, obtendo-se o traço em massa 1:0,94:14,25. Deste traço, 20% da massa da areia natural foi substituída pela areia reciclada, obtendo-se o traço 1:0,94:2,85:11,4.

Determinação do índice de consistência (NBR 13276:2016)

A argamassa foi preparada, no primeiro momento, utilizando a relação água/cimento de 0,5, adicionando-se a quantidade de água correspondente à absorção do agregado reciclado, de 10,69%. Como, visualmente, a argamassa não parecia ter a consistência adequada, aumentou-se a quantidade de água até a relação a/c = 2,5. Foi realizado, então o ensaio de acordo com a norma, obtendo-se os valores de 255, 260 e 250 mm, resultando em índice de consistência de 255 mm, dentro da tolerância normativa, de 260 ± 5 mm. A mesma relação a/c foi utilizada na determinação do índice de consistência da argamassa com areia reciclada de resíduos mistos, obtendo-se o índice de 256 mm.

Resistência à tração na flexão e à compressão (NBR 13279:2005)

Juntamente com o Grupo 7, no dia 12/11/2018 foram moldados os corpos-de-prova para a realização dos ensaios de resistência das argamassas. Devido à impossibilidade de cumprir os 28 dias necessários da cura, os ensaios foram realizados 17 dias após a moldagem, único dia em que integrantes dos dois grupos poderiam estar presentes.

Todos os corpos-de-prova apresentaram variações na dimensão acima da tolerância da norma, e deve-se destacar que houveram erros na realização da moldagem da argamassa com areia natural, que se apresentou com falhas de adensamento, o que deveria ser considerado no cálculo das resistências e na comparação entre argamassas. Por não haver tempo disponível para realização de outros corpos-de-prova, os dados foram utilizados como se apresentam.

Tabela 3 - Cargas de ruptura dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão (N).

| Corpos-de-prova | Areia Natural | | Areia Reciclada | | |
|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| Dimensões (mm) | 40,59 x 39,64 x 160,66 | 40,43 x 39,27 x 160,58 | 40,33 x 40,32 x 161,45 | 40,18 x 40,36 x 161,29 | 40,17 x 38,45 x 161,46 |
| Tração na flexão | 144 | 179 | 179 | 182 | 166 |
| Compressão (1) | 2164* | 1495 | 2114 | 2070 | 1903 |
| Compressão (2) | 1878 | 1998 | 1944 | 2007 | 1957 |

* erro na realização do ensaio devido à carga superior à exigida em norma.

A resistência à tração na flexão é calculada pela fórmula $R_f = \frac{1,5 F_f L}{40^3}$, sendo F_f a carga aplicada no prisma, e L a distância entre os suportes, de 100 mm.

Tabela 4 - Resistência à tração na flexão das argamassas aos 17 dias.

| Corpos-de-prova | Areia Natural | | Areia Reciclada | | |
|---------------------|---------------|------|-----------------|------|------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| Rf (MPa) | 0,34 | 0,42 | 0,42 | 0,43 | 0,39 |
| Rmédia (MPa) | 0,38 | | 0,41 | | |
| Desvio máximo | 0,04 | | 0,02 | | |

A resistência à compressão é calculada pela fórmula $R_c = \frac{F_c}{1600}$, onde F_c é a carga aplicada, na área de 40 x 40 mm.

Tabela 5 - Resistência à compressão das argamassas aos 17 dias.

| Corpos-de-prova | Areia Natural | | Areia Reciclada | | |
|---------------------|---------------|-------|-----------------|------|-------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| Rc (MPa) | --- | 0,93* | 1,32* | 1,29 | 1,19* |
| | 1,17 | 1,25 | 1,22 | 1,25 | 1,22 |
| Rmédia (MPa) | 1,12 | | 1,25 | | |
| Desvio máximo | 0,18 | | 0,07 | | |
| Rmédia (MPa) | 1,21 | | 1,25 | | |
| Desvio máximo | 0,04 | | 0,05 | | |

* Devido ao desvio absoluto máximo superior ao mínimo exigido em norma, os valores com asterisco foram desconsiderados do cálculo da segunda resistência média por serem valores discrepantes, mesmo que isso represente, no caso da areia natural, menos de quatro corpos-de-prova.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa contemplou as influências da substituição de areia natural pela areia reciclada na composição de argamassa, a partir de ensaios, estudos e análises.

Os ensaios de composição e absorção de água da areia reciclada trouxeram resultados satisfatórios e esperados, demonstrando, entre outros fatores, os seguintes aspectos dos agregados miúdos reciclados: composição granulométrica contínua; teor de finos elevada, comparativamente com agregados miúdos naturais; e alta taxa de absorção de água ($A = 10,69\%$). Porém, no ensaio de determinação de material fino por lavagem, a porcentagem de material fino excedeu o valor considerado limite máximo (17%).

A argamassa com a areia reciclada foi produzida com um traço em massa que substitui 20% de areia natural por reciclada e, em seguida, analisada segundo sua consistência no estado fresco e segundo suas resistências à compressão e à tração no estado endurecido. Ambos parâmetros indicam o desempenho do material.

Quanto à consistência, a relação água/cimento foi afetada pela alta absorção de água pelo agregado reciclado, e os resultados obtidos se mostraram dentro da tolerância normativa. Quanto às resistências, não obtivemos resultados como o esperado. Pela alta porosidade que os agregados reciclados conferem à argamassa, em detrimento dos agregados naturais, era esperado que as resistências à compressão e à tração dos corpos-de-prova fossem menores, comparativamente. Porém, o observado evidenciou o contrário: maiores resistências. Isso pode se dar ao fato dos corpos de prova não estarem no estado

indicado normativamente após 28 dias, e sim após 17 dias, assim como possíveis erros de moldagem do corpo-de-prova de areia natural.

De forma geral, tendo conhecimento das alterações comparativas de desempenho, dos processos de obtenção, e dos impactos ambientais positivos da reciclagem, conclui-se que o uso de areia reciclada, substituindo parte da areia natural, em argamassas é viável. As averiguações sobre o tema proposto neste trabalho se mostram imprescindíveis no contexto atual do setor da construção civil, responsável principal na geração de resíduos sólidos urbanos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - requisitos.** Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 13276. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 13279. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR NM 27. Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório.** Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 30. Agregado miúdo - Determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 46. Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

HEINECK, Simone. **Desempenho de argamassas de revestimento com incorporação da fração miúda da britagem de concreto.** Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Unisinos. São Leopoldo, 2012

TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento.** UFSC, 1995. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/111836>>. Acesso em 03/12/2018 às 18h36.