

RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO SUBSTITUINDO PARCIALMENTE O AGREGADO MIÚDO PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA

Gisela Azevedo Menezes Brasileiro
giselabrasileiro@msn.com

Franco Felix Caldas Silva
francofcs92@hotmail.com

Resumo – Atualmente o conceito de desenvolvimento sustentável permeia diversos setores da sociedade. O mesmo ocorre na construção civil, uma vez que o setor é responsável por extração de matéria prima e geração de resíduos em larga escala. A reinserção do resíduo de construção e demolição (RCD) à cadeia produtiva, visa uma menor extração de matéria prima e propõe um destino nobre para um material que seria descartado. Assim, o presente estudo teve como objetivo produzir compósitos de argamassa com incorporação de RCD. Foram moldados corpos de prova (CP) de dimensões 4 x 4 x 16 cm³ para os ensaios de compressão axial e tração na flexão. Também foram moldados CPs nas dimensões 2,5 x 2,5 x 28,5 cm³ para o ensaio de variação dimensional. A substituição do agregado natural pelo agregado reciclado foi realizada nas proporções de 25%, 50% e 75%. Para cada dimensão de molde foram produzidos CPs com as porcentagens mencionadas. Quanto à variação dimensional, com exceção do compósito com 75% de agregado reciclado, os demais alcançaram valores semelhantes entre si. Na variação de massa, o compósito sem RCD obteve valor discrepante dos demais até a medição do dia 14, evidenciando que a adição de agregado reciclado proporcionou variações dimensionais menores nas datas iniciais. Nos ensaios de compressão e de tração na flexão, a argamassa sem RCD e o compósito com 25% de RCD obtiveram os maiores resultados. A análise dos dados mostrou que a substituição de agregado natural pelo agregado reciclado é viável do ponto de vista técnico.

Palavras-Chave: Argamassa sustentável. Materiais alternativos. Resíduo de construção e demolição (RCD). Construção sustentável. Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

É sabido que a construção civil é um setor econômico que consome recursos naturais em grandes proporções, gerando ainda demasiada quantidade de resíduos.

Em termos globais o setor em questão consome 40% da produção total de energia, entre 12% e 16% de toda a água, 25% de toda a madeira, 32% de recursos não renováveis e renováveis, e emite 35% de CO₂ (DARKO et al., 2017).

QUAGLIO (2017) relata que o descarte realizado de forma inadequada do resíduo proveniente de construções e demolições polui solo degrada paisagens e constitui ameaça significativa à saúde pública.

Dessa forma uma alternativa sustentável para o resíduo gerado pelo setor da construção civil é a utilização do Resíduo de Construção e Demolição – RCD em compósitos cimentícios.

GHELLERE et al. (2019) afirmam que ao substituir 50% de agregado natural por agregados reciclados, a argamassa atendeu as exigências mínimas normativas, sendo possível utilizá-la para a produção do revestimento interno.

O presente estudo teve como objetivo geral produzir argamassas com incorporação de RCD. Foram avaliados os desempenhos físicos e mecânicos de argamassas com diferentes teores de substituição de agregado natural pelo reciclado.

MATERIAL E MÉTODOS

Na produção da argamassa, foi utilizada a areia disponível nas dependências do Laboratório de Materiais de Construções do Instituto Federal de Sergipe – IFS / Campus Aracaju. O cimento utilizado foi o cimento Portland de alta resistência inicial, CP-V ARI RS, da Cimento MIZU. O RCD foi coletado

na cidade de Aracaju na reforma de um apartamento (edifício residencial).

O RCD passou por análise visual para identificar a composição. Ele era composto por argamassa (90%), blocos cerâmicos (5%) e outros (granito, tinta, matéria orgânica – 5%). Posteriormente foi moído no triturador de entulho T2 CSM. Após moagem, o RCD se transformou no agregado miúdo reciclado.

O agregado miúdo natural (areia) e agregado reciclado (RCD moído) foram submetidos aos seguintes ensaios de caracterização: Composição granulométrica, NBR NM 248 (ABNT, 2003); Massa específica, NBR NM 52 (ABNT, 2009); Massa unitária, NBR NM 45 (ABNT, 2006); Impurezas orgânicas, NBR NM 49 (ABNT, 2001); Teor de argila em torrões, NBR 7218 (ABNT, 2010); Material fino passante na peneira 0,075mm, NBR NM 46 (ABNT, 2010).

O traço adotado para as argamassas foi de 1:3 (1 parte de cimento para 3 partes de agregado) e os percentuais de substituição de agregado miúdo natural por agregado reciclado foram definidos em 25%, 50% e 75%. Assim, foram produzidos 4 tipos de argamassas:

P – argamassa padrão, sem substituição (referência);

N75R25 – argamassa com 75% de agregado natural e 25% de agregado reciclado;

N50R50 – argamassa com 50% de agregado natural e 50% de agregado reciclado;

N25R75 – argamassa com 25% de agregado natural e 75% de agregado reciclado.

Para determinar o fator água/cimento (a/c) das argamassas, foi realizado o ensaio de determinação do índice de consistência normal com base na NBR 13276 (ABNT, 2016). Todas as argamassas foram produzidas com fatores água/cimento que levassem a um mesmo índice de consistência.

Foram moldados corpos de prova prismáticos nas dimensões 4 x 4 x 16 cm³ para ensaios de resistência à tração na flexão e resistência à compressão axial de acordo com a norma NBR 13279 (ABNT, 2005) e para ensaios físicos de acordo com a NBR 9778 (ABNT, 2009).

Foram moldados corpos de prova prismáticos nas dimensões 2,5 x 2,5 x 28,5 cm³ para serem submetidos ao ensaio de variação dimensional regido pela NBR 15261 (ABNT, 2005). Para cada dimensão de molde foram moldados três corpos de prova para cada percentual de substituição analisado, além dos corpos de prova de referência.

Os corpos de prova de dimensões 4 x 4 x 16 cm³ ficaram em cura submersa em água e aos 28 dias foram ensaiados mecanicamente através do dispositivo RILEM múltiplo de argamassa.

Os ensaios físicos foram realizados com os CPs de 4 x 4 x 16 cm³ seguindo especificações da NBR 15261 (ABNT, 2005). Os procedimentos dos ensaios físicos foram iniciados aproximadamente no 10º dia de cura e, ao término do ensaio, os CPs retornaram para a cura.

Os corpos de prova de dimensões 2,5 x 2,5 x 28,5 cm³ ficaram na cura em recipiente vedado com plástico filme. Depois foram feitas pesagens e leituras no aparelho comparador de comprimento nos dias 3, 7, 14, 21 após a moldagem.

RESULTADOS

As distribuições granulométricas dos agregados miúdo natural e reciclado podem ser observadas nas Figura 1 e Figura 2. A areia natural encontra-se numa região de granulometria menor do que a zona utilizável inferior. A areia reciclada encontra-se numa região de granulometria utilizável inferior.

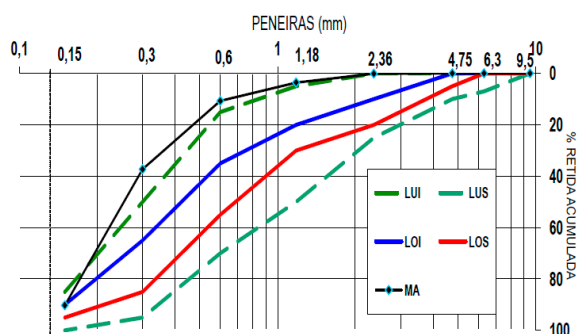


Figura 1. Curva granulométrica do agregado natural.

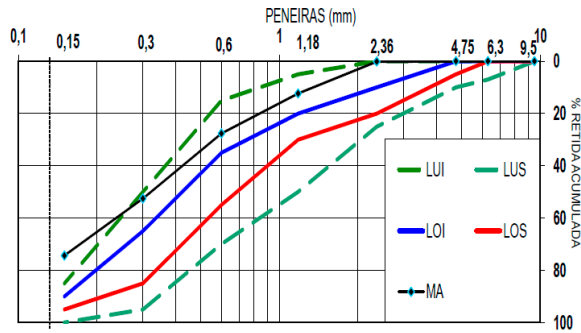


Figura 2. Curva granulométrica do agregado reciclado. Legenda: LUI = limite utilizável inferior; LOI = limite ótimo inferior; LOS = limite ótimo superior; LUS = limite utilizável superior; MA = material analisado.

A caracterização dos agregados miúdos natural e reciclado está apresentada na Tabela 1.

Propriedades	Areia natural	Areia reciclada
Teor de umidade, %	13,20	2,31
Teor de material pulverulento, %	2,78	14,67
Massa específica, g/cm ³	2,417	2,206
Massa específica aparente, g/cm ³	2,336	1,934
Massa unitária, kg/dm ³	3,53	3,12
Módulo de finura	1,42	1,67
dimensão máxima característica, mm	1,2	2,4
Coloração obtida no ensaio de impureza orgânica em relação coloração da solução padrão.	mais clara	mais clara

Tabela 1. Resultados da caracterização dos agregados miúdos (areias) natural e reciclado.

Para cada traço de argamassa foi determinado o fator a/c que produzisse o mesmo resultado de espalhamento no ensaio de consistência normal. Foi estipulado o intervalo de consistência de $260,00 \pm 5,00$ mm que é especificado por norma (NBR 13276), conferindo uma trabalhabilidade ideal para a argamassa.

Assim, os índices de consistência obtidos para as argamassas P, N75R25, N50R50 e N25R75 foram respectivamente 261,70 mm; 255,00 mm; 259,7 mm e 255,70 mm e os fatores a/c foram 0,65; 0,70; 0,78 e 0,86 respectivamente.

Os resultados dos ensaios físicos (absorção de água, índice de vazios e massa específica) estão representados na Tabela 2.

Sigla	Absorção de água (%)	Índice de vazios	Massa específica (g)
P	$9,78 \pm 4,02 \cdot 10^{-4}$	$14,48 \pm 6,72 \cdot 10^{-4}$	$1,481 \pm 1,2 \cdot 10^{-5}$
N75R25	$11,14 \pm 7,04 \cdot 10^{-4}$	$15,50 \pm 8,16 \cdot 10^{-4}$	$1,391 \pm 5,1 \cdot 10^{-5}$
N50R50	$13,07 \pm 3,64 \cdot 10^{-4}$	$16,81 \pm 4,34 \cdot 10^{-4}$	$1,287 \pm 2,7 \cdot 10^{-5}$
N25R75	$14,62 \pm 9,30 \cdot 10^{-4}$	$17,59 \pm 1,51 \cdot 10^{-3}$	$1,203 \pm 2,7 \cdot 10^{-5}$

Tabela 2. Resultados dos ensaios de absorção de água, índice de vazios e massa específica.

Para o ensaio de variação dimensional os resultados estão representados na Tabela 3, com as respectivas massas na Tabela 4.

Variação dimensional (mm/m)				
Sigla	Dia 3	Dia 7	Dia 14	Dia 21
P	-0,032	-0,006	-0,039	-0,046
N75R25	-0,023	-0,012	-0,033	-0,053
N50R50	-0,028	-0,006	-0,037	-0,050
N25R75	-0,028	-0,058	-0,071	-0,082

Tabela 3. Resultados do ensaio de variação dimensional.

Variação da massa (%)				
Sigla	Dia 3	Dia 7	Dia 14	Dia 21
P	-0,809	-1,080	-1,494	-1,919
N75R25	-0,023	-0,012	-0,033	-2,138
N50R50	-0,028	-0,006	-0,037	-2,390
N25R75	-0,028	-0,058	-0,071	-2,807

Tabela 4. Resultados da variação da massa no ensaio de variação dimensional.

As resistências à tração na flexão e à compressão axial estão expressas na Tabela 5.

Sigla	Tração na flexão (Mpa)	Compressão (Mpa)
P	$5,57 \pm 9,48 \cdot 10^{-4}$	$11,74 \pm 1,32 \cdot 10^{-2}$
N75R25	$5,84 \pm 6,166 \cdot 10^{-3}$	$11,07 \pm 8,391 \cdot 10^{-3}$
N50R50	$5,42 \pm 4,675 \cdot 10^{-3}$	$9,01 \pm 1,20 \cdot 10^{-2}$
N25R75	$3,56 \pm 2,895 \cdot 10^{-3}$	$10,39 \pm 1,30 \cdot 10^{-2}$

Tabela 5. Resultados dos ensaios de tração na flexão e compressão axial.

DISCUSSÃO

Analisando a Tabela 2, é possível observar que o aumento do teor de agregado reciclado nas argamassas levou à redução dos valores das massas específicas. O aumento do percentual de substituição do agregado reciclado nas argamassas também levou a um aumento da absorção de água nas argamassas. Os valores registrados para o índice de vazios ratificam essa análise, uma vez que o índice de vazios é diretamente proporcional à porosidade.

Sugere-se que esse comportamento pode estar diretamente relacionado às propriedades registradas na Tabela 1. Lá se observa que os agregados reciclados têm valores menores para as diversas medições de massa específica (aparente, real e massa unitária), o que significa que eles são mais porosos comparados com a areia natural.

OLIVEIRA (2015) observou o mesmo comportamento físico, comparando areia natural e agregado reciclado de RCD.

Os valores obtidos no ensaio de variação dimensional (Tabela 3) mostram que as argamassas tem uma tendência geral à retração. Excetuando-se o dia 3, o padrão detectado é que a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado no teor de 75% (N25R75) leva a um aumento da retração. As demais substituições mantêm o padrão de retração da argamassa de referência (P).

Para a variação da massa (Tabela 4), verificou-se que a argamassa P (referência), até o dia 14, apresentou significativa variação de massa em comparação com os compósitos com adição de agregado reciclado. Entretanto aos 21 dias, houve um aumento da perda de massa nas argamassas com substituição, principalmente na N25R75.

Para a tração na flexão (Tabela 5), o compósito N25R75 apresentou o resultado mais baixo, 36% inferior em relação a P. Os demais tiveram resultados bem próximos ao valor de P. Para o ensaio de compressão axial (Tabela 5), o maior resultado foi para o compósito de referência, P (11,74 Mpa). As resistências dos demais compósitos com substituição

apresentaram uma redução em torno de 6% a 23% em relação a P. Todos os compósitos apresentaram desempenho mecânico superior ao mínimo estabelecido pela NBR 13281: 1,00 Mpa e 1,50 Mpa, respectivamente, para tração na flexão e compressão axial (ABNT, 2005).

MACEDO et al. (2019) e OLIVEIRA (2015) também encontraram valores de resistência mecânica próximos ou superiores das argamassas com agregado reciclado em comparação com a argamassa com agregado natural. OLIVEIRA (2015) teve melhores resultados nos compósitos com substituição de 30% de agregado natural por agregado reciclado.

O teor de material pulverulento é bem maior nos agregados reciclados. Sugere-se que essa característica levou aos maiores teores de água (fator a/c) das argamassas com substituição de areia natural por agregados reciclados (aumento no a/c no intervalo de 8% a 31%). Sabe-se que é necessário mais água para molhar as partículas de material pulverulento. Entretanto esse aumento no fator a/c não repercutiu na redução da resistência à compressão. Atribui-se tal fato à composição do agregado reciclado, composta por 90% de argamassa, que podem contribuir a não-redução da resistência.

O estudo ainda está em andamento, medições das variações dimensionais e variações de massa ainda estão sendo coletadas.

CONCLUSÕES

O presente trabalho alcançou o seu objetivo, uma vez que estabeleceu base comparativa entre compósitos com agregado natural e compósitos com variados teores de agregado reciclado em substituição do agregado natural.

Diante dos resultados e discussões aqui abordados fica comprovada a viabilidade técnica do uso de argamassas com substituição parcial do agregado natural por agregado reciclado, representando uma solução ambientalmente correta.

Os resultados iniciais mostram que teores de substituição de agregado natural por agregado reciclado entre 25% e 50% produzem

argamassas com desempenho mecânico e físico semelhantes ou superiores aos resultados da argamassa de referência.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro. 2005.

_____. NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro. 2006.

_____. NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro. 2010.

_____. NBR NM 49: Agregado fino - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro. 2001.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro. 2009.

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

_____. NBR 7218: Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro. 2010.

_____. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro. 2009.

_____. 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 15261: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retratação ou expansão linear). Rio de Janeiro. 2009.

DARKO, A.; CHAN, A. P.; OWUSUMANU, D. G.; AMEYAW, E. E. Drivers for implementing green building technologies: An international survey of experts. 2017. Disponível na internet via: <<https://core.ac.uk/download/pdf/79607955.pdf>>. Acessado em 09 de junho de 2020.

GHELLERE, Polyana; THOMÉ, Karla; OLIVEIRA, Dayana Ruth Bola. Avaliação da influência do uso de resíduo de construção e demolição (rcd) nas propriedades da argamassa de revestimento. In: 2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentáveis, Foz do Iguaçu, Paraná, 2019. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/VII-054.pdf>>. Acessado em 13 de setembro de 2020.

MACEDO, Antonio Márcio de Araújo; ZANELATO, Euzébio Bernabé; MANHÃES, André Luís Flor; AZEVEDO, Afonso Rangel Garcez; MARVILA, Markssuel Teixeira; MONTEIRO, Sergio Neves; ALEXANDRE, Jonas; PETRUCCI, Lúcio José Terra. Influência da incorporação de rcd em argamassas. In: 74º Congresso Anual da ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração - Internacional, São Paulo, Sao Paulo, 2019. Disponível na internet via: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7894/OLIVEIRA%2c%20ROSANA%20PRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em 15 de julho de 2020.

OLIVEIRA, Rosana Prado. Produção, Estudo da influência do teor de finos dos agregados reciclados mistos nas propriedades das argamassas de revestimento. 2015. Tese (Mestrado em Construção Civil e Preservação Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, São Maria, Rio Grande do Sul. Disponível na internet via: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7894/OLIVEIRA%2c%20ROSANA%20PRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em 19 de agosto de 2020.

QUAGLIO, Renam Serraglio. Resíduos da construção e demolição (RC&D): estudo dos impactos ambientais provocados pelo descarte inadequado no município de Presidente Bernardes – SP. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2017. Disponível na internet via: <<http://bdtd.unoeste.br:8080/tede/bitstream/jspui/1066/6/RENAM%20SERRAGLIO%20QUAGLIO.pdf>>. Acessado em 02 de agosto de 2020.