XIII SBTA
Simpósio Brasileiro de Tecnologia das ARGAMASSAS
11-13 | JUNHO | 2019 | GOIÂNIA | GO

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS COM USO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA COMO SUBSTITUINTE PARCIAL AO AGREGADO MIÚDO

Tema: Sustentabilidade, vida útil e meio ambiente
Grupo: 1

FRANCIELLI PINZ[1], ARIELA SILVA[2], CHARLEI PALIGA[3]

[1]Mestranda; Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo/PROGRAU, franciellipinz@gmail.com
[2] Prof. Dr., Universidade Federal de Pelotas/UFPel, arielatorres@gmail.com
[3] Prof. Dr., Universidade Federal de Pelotas/UFPel, charleipaliga@gmail.com

RESUMO
A implementação de materiais recicláveis na construção civil é uma importante etapa na busca por uma cadeia produtiva mais sustentável. O resíduo da cerâmica vermelha (RCV) não possui um descarte adequado e apresenta características físicas e químicas que viabilizam sua utilização em argamassas. Este trabalho teve como objetivo avaliar seu uso como substituinte parcial ao agregado miúdo em argamassas de cimento e mistas nos teores de 10%, 15% e 20%, verificando o desempenho mecânico e físico destas argamassas. O resíduo aumentou o ganho de resistência aos 28 dias das argamassas e diminuiu índices de absorções, indicando viabilidade de sua utilização.

Palavras-chave: sustentável, resíduos, RCV.

EVALUATION OF MORTAR PERFORMANCE USING RED CERAMIC WASTE AS A PARTIAL SUBSTITUENT TO FINE AGGREGATE

ABSTRACT
The implementation of recyclable materials in construction is an important step in the search for a more sustainable supply chain. The ceramic residue generated does not have an appropriate disposition and physical and chemical features that enable your use in mortars. This work evaluated the use of RCV as aggregate in partial replacement to fine aggregates in cement mortars, in contentsn of 10%, 15% and 20%, by evaluating their mechanical and physical performance. The residue increased resistance to gain 28 days of mortars and decreased absorption rates, indicating the feasibility of your use.

Key-words: sustainable, waste, RCW.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil se tornou centro de diversas discussões acerca de impactos ambientais, sociais e econômicos que causa em nossa sociedade. Sua importância social e econômica compete com o impacto ambiental causado pela indústria. Dentre 15% a 50% dos recursos naturais extraídos são destinados à construção civil[1], além da quantidade incalculável de resíduos gerados direta e indiretamente. A reciclagem pode ser uma prática eficaz na busca de uma cadeia produtiva mais limpa na construção civil, dadas as diversas alternativas de para a incorporação de resíduos próprios e de outras industrias, possibilitando um descarte adequado e a substituição de novos materiais pelos reutilizados.

Neste caso, aponta-se para a problemática específica da areia, componente de argamassas e concretos, que desponta como um dos insumos materiais mais consumidos no mundo[2]. A extração da areia é uma atividade com grandes impactos ambientais, como a alteração do curso dos rios, erosão e destruição de ecossistemas[3]. Por isso, materiais alternativos para agregados tornem-se importantes para o mercado da construção. Entre esses materiais, destaca-se o Resíduo de Cerâmica Vermelha, proveniente de olarias, que não possue método de descarte afirmativo. A indústria da cerâmica vermelha produz blocos de vedação e estruturais, pré-lajes e demais oriundos da argila. Sua produção no Brasil gira em torno de 6,3 bilhões de peças/ano, consumindo cerca de 10Mt de argila[4]. Sua produção é nociva ao meio ambiente pelo elevado consumo energético, emissão de gases poluentes e a geração de resíduo sólidos, que chegam a percentual entre 5% a 30% da produção, dependendo do nível de automatização da olaria[5].

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de utilização deste resíduo como um parcial substituto a areia como agregado miúdo em argamassas, pois reconhece a importância da prática da reciclagem nos setores industrias e identifica as argamassas como um material de ampla utilização no setor da construção, com possibilidade de incorporações. A argamassa foi objeto de estudos com incorporações de RCV que resultaram em melhoras de desempenho no que diz respeito a absorção de água e índice de retração, sem prejudicar o desempenho mecânico[6]. Em alguns casos, este desempenho mecânico também foi beneficiado pela utilização do resíduo[7].

Dadas as especificidades do RCV oriundas sua composição mineral, processo de queima e alterações químicas, o trabalho pretende avaliar seu impacto em argamassas como substituinte parcial ao agregado miúdo em dois tipos distintos de argamassas, de cimento e mistas, para investigar discrepâncias do mesmo resíduo em diferentes misturas e possíveis aplicações.

2. METODOLOGIA

O resíduo de cerâmica vermelha utilizado foi coletado em olarias de Pelotas (RS), selecionadas a partir da jazida utilizada. Devido a discrepância dimensional do RCV coletado, e a fim de possibilitar sua utilização nas argamassas, o resíduo foi beneficiado em britador de

mandíbulas, equipamento escolhido buscando a granulometria necessária com o menor consumo energético[9]. Em seguida foi feita a caracterização física do RCV e da areia (Tabela 1). Estes dados possibilitaram definições, tais como a realização da substituição dos materiais em massa, dada a relação entre as massas específicas, considerando ambos os materiais secos. Foi atribuído também um índice de consistência (IC) comum a todas as argamassas, para minimizar os efeitos da elevada absorção do RCV. Desta forma, cada traço utilizou a quantidade de água necessária para atingir o IC de 250±5mm.

Tabela 1 – Parâmetros físicos da areia e do RCV

Parâmetro físico	Areia	RCV
Massa específica (g/cm³) NBR NM 52:2009	2,62	2,44
Massa unitária solta (g/cm³) NBR NM 45:2006	1,62	0,31
Índice de vazios (%) NBR NM 45:2006	33,97	85,6
Absorção (%) NBR 30:2001	0,66	10,26

Os traços definidos para as argamassas foram das proporções 1:3 para a argamassas de cimento e 1:2:9 para a mista. A definição partiu do indicado nas normas NBR 7215:1996[9] e NBR 7200:1992[10], respectivamente. Os materiais utilizados foram cimento Portland CPIV e Cal Hidráulica, areia quartzosa lavada média e RCV. Testaram-se três substituições em massa no agregado, nos teores de 10%, 15% e 20%, em cada uma das argamassas, totalizando 6 traços. Os teores de substituição foram definidos levando em consideração a conclusão de Silva et al.[11] de um limite de substituição no teor de 20%. Os traços foram nomeados de acordo com a tipologia da argamassa, utilizando-se prefixo 'C' as argamassas de cimento, e 'M" as argamassas mistas, seguido do teor de substituição no agregado para cada traço.

A argamassa foi misturada em argamassadeira, respeitado as instruções da NBR 7215:1996, partindo da mesma quantidade de materiais para todos os traços, para evitar grandes diferenciais nas medidas. Sendo assim, em todos os traços, utilizou-se 468g de cada uma das quatro frações de agregados miúdos, variando a quantidade de areia e de resíduo de acordo com o teor de substituição. Para as argamassas de cimento utilizou-se 624g e, para as argamassas mistas, utilizou-se 208g de cimento, 416g de cal. As argamassas passaram então por ensaio de resistência à compressão[9] nas idades de 7, 28 e 63, utilizando 4 corpos de prova cilíndricos por traço para idade, de resistência à tração na flexão aos 28 dias, utilizando 3 corpos de prova prismáticos por traço, absorção por capilaridade e absorção por imersão e índice de vazios, ambos aos 28 dias, com 3 corpos de prova por idade.

3. RESULTADOS

3.1. Desempenho mecânico

A Tabela 3 apresenta os valores de resistência média à compressão para cada traço, juntamente com o desvio padrão e o ganho de resistência obtido em cada idade. Em todas as

idades o traço C_REF obteve a maior resistência. No entanto, o ganho de resistência aos 28 dias das argamassas com RCV foram superiores ou similares ao ganho de resistência do C_REF, o que fez com que seus valores se aproximassem. Entre as argamassas com resíduo, o traço C_A15 obteve a menor resistência aos 28 dias e o traço C_A10 apresentou maior resistência à compressão e o maior ganho de resistência.

Tabela 2 – Resultados de resistência à compressão e desvio padrão dos traços 1:3

Traço	7 dias (MPa)		28 dias (MPa)		Ganho de resistência (%)	63 dias (MPa)		Ganho de resistência (%)
	Resis.	Des. P.	Resis.	Des. P.		Resis.	Des. P.	
C_REF	19,56	0,00	32,15	1,60	64,4	31,81	2,77	-
C_A10	15,44	0,40	30,26	1,59	95,96	26,83	2,40	-
C_A15	15,97	1,42	26,14	1,21	63,72	26,32	1,15	0,69
C_A20	14,77	0,48	26,46	1,69	77,62	27,36	1,57	4,27

Aos 63 o comportamento apresentou alteração. O valor de resistência à compressão apresentado pelas argamassas C_REF e C_A10 indicou que não houve ganho de resistência neste intervalo de tempo. Já o traço C_A20 apresentou um ganho de resistência tal que proporcionou que ultrapassasse os demais traços com RCV em resistência à compressão média. De acordo com Jiménez et. al.[6], argamassas de cimento com RCV em substituição ao agregado feita em massa tendem a apresentar menor resistência à compressão quanto a argamassa referência, devido a menor densidade do RCV em relação a areia. No entanto, os autores justificam que o RCV tende a preencher melhor vazios da argamassa, e pode apresentar reação pozolânica, levando a maiores ganhos de resistência ou até mesmo maior resistência.

Nas argamassas mistas, os resultados se diferenciaram do grupo anterior, como é possível observar na Tabela 4. Aos 7 dias, o traço M_A10 apresentou maior valor de resistência que o traço M_REF. Observa-se, também, que a queda de resistência acompanhou o aumento nos teores de substituição. O traço M_A20, menor dos valores de resistência, apresenta redução na resistência de 24% em relação ao traço referência.

Tabela 3 - Resultados de resistência à compressão e desvio padrão dos traços 1:2:9

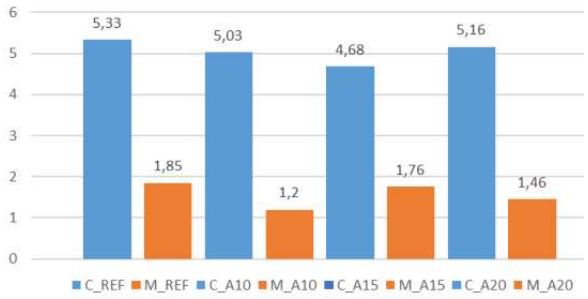
Traço	7 dias (MPa)		28 dias (MPa)		Ganho de resistência (%)	63 dias (MPa)		Ganho de resistência (%)
	Resis.	Des. P.	Resis.	Des. P.		Resis.	Des. P.	
M_REF	2,99	0,21	4,18	0,57	39,67	4,90	0,63	17,33
M_A10	3,25	0,19	3,71	0,27	14,12	3,69	0,33	-
M_A15	3,03	0,09	4,44	0,45	46,64	3,18	0,39	-
M_A20	2,80	0,12	4,09	0,32	45,91	3,26	0,29	-

Aos 28 dias foi grande a mudança de comportamento entre os traços. O traço M_A10, anteriormente o mais resistente, agora apresentou o valor mais baixo. Além disso, a relação previamente identificada entre o valor de resistência e o teor de substituição deixou de existir,

sendo o traço M_A15 o mais resistente entre os testados. Aos 63 dias outra grande mudança ocorreu, tendo apenas o traço M_REF apresentado ganho de resistência, ultrapassando os demais em resistência à compressão. Cabe ressaltar que dado os valores de resistência do traço M_A10 aos 28 e aos 63 dias, e o desvio padrão identificado aos 63 dias, é possível afirmar que seu comportamento se manteve estável, enquanto que os traços M_A15 e M_A20 apresentaram uma pequena queda de desempenho, possivelmente atrelada novamente a menor densidade do RCV em relação a areia.

Quanto a resistência à tração na flexão, em ambos os grupos de argamassas, o traço Referência apresentou o maior valor de resistência, embora a diferença deste para os traços com substituição de RCV seja pequena. No grupo de argamassas de cimento, indicado pelas barras azuis na Figura 1, o traço C_A15 foi o que mais se diferenciou do traço C_REF, com uma redução de 12% do valor de resistência, sendo o menor valor de resistência deste grupo. Enquanto isto, o traço C_A20 foi o que mais se aproximou do traço C_REF, com redução de apenas 3,2% do valor de resistência.

Figura 1 - Resistência à tração na flexão (MPa)



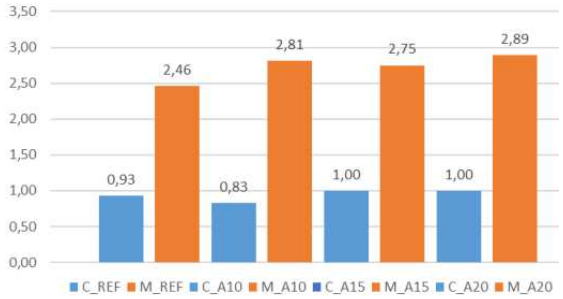
Fonte: Autores

As argamassas mistas também indicaram que o resíduo pode não apresentar interferências nas argamassas quanto a este parâmetro. Os valores de resistência à tração na flexão inferiores neste grupo são esperados dado a proporção de aglomerante utilizado na mistura. O traço M_A10 apresentou uma queda de resistência de 35% em relação ao traço M_REF, sendo o menor valor de resistência encontrado não apenas neste grupo, mas em todas as argamassas. Já no traço M_A15 voltou a apresentar comportamento similar ao traço M_REF, tendo reduzido o valor de resistência em apenas 3,8%, e sendo o mais próximo ao traço referência deste grupo. Não foi possível traçar uma relação de comportamento entre os teores de substituição e o comportamento dos traços quanto à tração na flexão, nem mesmo a variação entre os traços com substituição ocorreu de forma semelhante entre os grupos, o que leva a conclusão de que o RCV não causa impacto significativo nas argamassas neste quesito. Esta conclusão é condizente com os resultados encontrados também em outros trabalhos[6][11].

3.2. Desempenho físico

Os primeiros resultados apresentados, na Figura 3, são referentes a absorção por capilaridade das argamassas de cimento aos 28 dias. O melhor desempenho quanto ao coeficiente de absorção foi apresentado pelo traço C_A10, seguido pelo C_REF, e tendo os traços C_A15 e C_A20 o mesmo comportamento. O melhor desempenho do traço C_A10 em relação ao REF pode ser justificado pelo preenchimento dos poros internos da argamassa pelo RCV, reduzindo a capilaridade da argamassa. Entretanto, como o RCV é um resíduo altamente absorvente, em maiores quantidades ele pode ocasionar aumento de absorção da argamassa, como possivelmente ocorreu nos traços C_A15 e C_A20. Os resultados apresentados estão em concordância com o trabalho de Jímenez et al[6].

Figura 2: Absorção por capilaridade de argamassas de cimento (g/cm²)



Fonte: Autores

As argamassas mistas com cimento e cal possuem uma maior permeabilidade e, por isso, apresentaram no geral valores de absorção mais altos que o grupo anterior, como indicam os resultados na Figura 4. Nas argamassas mistas, o traço M_REF voltou a ter o melhor resultado e, o traço M_A20, a maior absorção. Novamente, o aumento da absorção não ocorreu proporcionalmente à substituição, tendo o traço M_A15 menor absorção dentre os traços com RCV. A diferença dos valores de absorção das argamassas é bastante perceptível, sendo a menor delas de 0,29g/cm² para ao traço M_A15. Este comportamento é esperado de argamassas mistas com RCV, dada a densidade do resíduo e a sua estrutura porosa[12].

A Tabela 5 apresenta os resultados do ensaio de absorção por imersão e índices de vazios de todos os traços. Nas argamassas de cimento, o traço C_A10 não manteve o melhor desempenho de durabilidade. O traço REF foi o que menos absorveu água, tendo a absorção aumentado conforme o aumento do teor de substituição. Contudo, os índices de vazios não acompanharam os resultados obtidos na absorção por imersão. Apesar do traço C_REF obter o menor índice de vazios e o traço C_A20 o maior, não ocorreu proporcionalidade entre o teor de substituição e o índice de vazios.

Traço	Absorção (%)	Índice de vazios (%)	Traço	Absorção (%)	Índice de vazios (%)
C_REF	19,56	0,00	M_REF	1,60	64,4
C_A10	15,44	0,40	M_A10	1,59	95,96
C_A15	15,97	1,42	M_A15	1,21	63,72
C_A20	14,77	0,48	M_A20	1,69	77,62

A absorção por imersão e índice de vazios das argamassas mistas refletiram os resultados do ensaio de absorção por capilaridade, tendo o traço M_REF menor absorção e índice de vazios e o traço M_A20 o maior, também com decréscimo no traço M_A15 em relação ao traço M_A10. A direta relação entre os índices de vazios e a absorção por imersão também não havia ocorrido no grupo anterior. Este comportamento foi observado por Araújo[12], que relatou uma similaridade estatística entre os índices de vazios das argamassas mistas com RCV, concluindo que o resíduo não é interfere na quantidade de vazios das argamassas.

De maneira geral, é possível afirmar que o uso de RCV em argamassas depende diretamente do teor de substituição utilizado. Schackow et al.[13] afirmam que é possível a existência de um índice apropriado ou limite para utilização em argamassas visando a menor absorção de água, que permita a menor absorção através da estruturação interna das argamassas. Excedido este teor, a porosidade e alta absorção do RCV podem diminuir a resistência da argamassa à agua, justificando assim o aumento do índice nos traços A15 e A20 de ambos os grupos. A porosidade do RCV em argamassas pode ser benéfica em casos que se exijam do sistema de revestimento uma permeabilidade ao vapor[12].

4. CONCLUSÕES

O RCV avaliado levou a um maior ganho de resistência nas argamassas, apesar dos valores médios de resistência a compressão e também da resistência à tração na flexão, tenham sido inferiores ao traço referência. Considerando as classificações apresentadas pela NBR 13281:2001[12], apenas os traços M_A10 e M_A20 no quesito de tração à flexão, apresentaram um valor tal que não se enquadrariam em nenhum quesito. O comportamento do RCV, quanto ao desempenho mecânico, apresenta algumas discrepâncias nas duas tipologias de argamassas. No entanto, as resistências inferiores nos traços com resíduo são consequência da diferença de natureza do material em relação a areia, sendo a areia mais densa que o RCV, e tendo esta característica influência direta na resistência a compressão.

Já na avaliação física das argamassas, identificou-se que a elevada absorção do RCV verificada na caracterização física, refletiu na absorção das argamassas. Este parâmetro não possui classificação normatizada quanto a teores de absorção, dificultando a análise. Tendo os valores de absorção se mostrado bastante próximos, faz-se necessário uma análise estatística mais profunda para averiguar o real impacto do resíduo na argamassa. Além disso, o RCV sendo altamente absorvente, não necessariamente o maior teor de absorção seja prejudicial ao sistema argamassado, uma vez que a água pode ficar retida em sua estrutura interior.

Os resultados apresentados referem-se a uma avaliação inicial do RCV como agregado miúdo, e são promissores ao que se referem sua viabilidade e estimulam a continuação de análises mais avançadas.

5. REFERÊNCIAS

1. FIGUEIREDO, S.; SILVA, C, G.; NEVES, G. A. Durabilidade de tijolos solo-cal incorporados com resíduos de demolição de construção civil. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 64(3), p. 273-279, 2011.

2. VALVERDE, M. F. Agregados para construção civil. **Balanço mineral brasileiro, 2001.** Disponível em: dnpm.gov.br. Acessado em: 26/04/2018

3. OLIVEIRA, L. F.; MELLO, F. E.; A mineração da areia e os impactos ambientais na bacia do Rio João, RJ. **Revista brasileira de geociências**, vol. 37, n.2, p.374-389, 2007.

4. **Ministério de Minas e Energia** – MME, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos – 2017. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos. Acessado em: 05/05/2018

5. **Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI.** Estudo Técnico Setorial da Cerâmico Vermelha: Subsídios para a elaboração do plano de desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva da cerâmica vermelha. Brasília: Invetta, 2016. 256p.

6. JIMÉNEZ, J. R.; AYUSO, J.; LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, J. M.; BRITO, J., Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in mansory mortar manufacturing. **Construction and Building Materials**, vol. 40, p. 679-690, 2013.

7. DANG, J.; ZHAO, J.; HU, W.; DU, Z.; GAO, D., Properties of mortar with waste clay brick as fine aggregate, **Construction and Building Materials**, vol. 166, p.898-907, mar. 2018.

8. PINHEIRO, I. S., **Beneficiamento e caracterização de resíduos gerados na produção de blocos cerâmicos visando a aplicação como material pozolânico.** Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Determinação de resistência à compressão.** NBR 7215. Rio de Janeiro, 1996.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento.** NBR 7200. Rio de Janeiro, 1992.

11. SILVA, J; BRITO, J.DE; VEIHA, R., Recycled red-clay ceramic contruction and demolition waste for mortar productions. **Journal of Materials in Civil Engeneering,** vol. 22, n. 3, p. 236-244, 2010.

12. CABRERA, F. G. C.; SOBERÓN, J. M. G.; SÁNCHEZ, J. L. A.; REA, S. P. A.; HIGUERA, R. C., Mechanical properties of mortar containg recycled ceramic as fine aggregate replacment. **Revista de la Construcción**, vol. 14, n. 3, p. 22-29, dez, 2015.

13. ARAÚJO, A. R., **Influenca da utilização do resíduo de cerâmica vermelha nas propriedades de argamassas mistas.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

14. SCHACKOW, A.; STRINGARI, D.; SENF, L.; CORREA, S. L.; SEEGADÃES, A. M., Influence of fired clay brick waste additions on the durability of mortars. **Cement and concrete composites**, vol. 62, p. 82-89, et., 2015.

15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos**. NBR 13281. Rio de Janeiro, 2001.