

DESEMPENHO DE ARGAMASSAS FRENTE A SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA

Rafaella Salvador Paulino (Faculdade Guarapuava) E-mail: rafaellaspaolino@gmail.com
Edelvan Gonçalves de Oliveira (Faculdade Guarapuava) E-mail: edelvan2018oliveira@gmail.com
Eduardo Oliveira de Jesus (Faculdade Guarapuava) E-mail: eduoliveirajeje@gmail.com
Elton Joanin Novak (Faculdade Guarapuava) E-mail: eltonnovak@yahoo.com.br

Resumo: Durante a construção de edificações e no processo de fabricação de cerâmicas, há uma grande geração de resíduos que são descartados em aterros ou de maneira irregular e clandestina no meio ambiente, o que pode gerar grandes impactos ambientais. Frente a isso, a reciclagem e reutilização de resíduos cerâmicos são práticas sustentáveis e tecnológicas que podem ser utilizadas para produção de novos produtos. Desta forma, esta pesquisa avaliou o desempenho de argamassas produzidas com a incorporação de resíduos de cerâmica vermelha em substituição parcial do agregado miúdo natural, em teores de 15% e 30%, em comparação a referência, de 0%. Os resultados mostraram que o aumento do teor de substituição proporcionou uma redução do índice de vazios e absorção a água das argamassas e um ganho de resistência à compressão. Portanto, concluiu-se a substituição pode ser realizada sem causar prejuízos ao desempenho mecânico das argamassas, tornando-se viável a reutilização dos resíduos cerâmicos como uma alternativa sustentável.

Palavras-chave: Resíduos. Cerâmica vermelha. Argamassa. Adição. Reutilização.

MORTAR PERFORMANCE BEFORE REPLACEMENT OF NATURAL SMALL AGGREGATE BY RED CERAMIC WASTE

Abstract: During the construction of buildings and in the process of manufacturing ceramics, there is a large generation of waste that is discarded in landfills or in an irregular and clandestine way in the environment, which can generate great environmental impacts. In view of this, the recycling and reuse of ceramic waste are sustainable and technological practices that can be used to produce new products. In this way, this research evaluated the performance of mortars produced with the incorporation of red ceramic residues in partial replacement of the natural fine aggregate, in contents of 15% and 30%, compared to the reference, of 0%. The results showed that the increase in the substitution content provided a reduction in the void ratio and water absorption of the mortars and a gain in compressive strength. Therefore, it was concluded that the replacement can be performed without causing damage to the mechanical performance of the mortars, making it viable to reuse ceramic waste as a sustainable alternative.

Keywords: Waste. Red pottery. Mortar. Addition. Reuse.

1. Introdução

O desejo da sociedade por padrões de vida melhores vem impactando consideravelmente a natureza. Tais impactos são consequências do abundante consumo de minerais, água e energia, além da grande geração de resíduos. No entanto, se por um lado é almejado padrões de vida melhores através de projetos modernos, por outro lado há uma preocupação com a disposição final dos resíduos destas edificações (ADDIS, 2010).

Os materiais utilizados nas construções vêm sendo avaliados, além de suas propriedades e desempenho, pelo modo que são fabricados, o impacto que sua fabricação causa ao meio ambiente e a sua disposição final. Um dos materiais que têm tido maior enfoque em relação a sua sustentabilidade é a argamassa, mais precisamente, os agregados

miúdos utilizados na sua produção (CENTENARO *et al.*, 2021).

Durante a fabricação de argamassa é utilizada a areia, que é de origem natural e pode ser encontrada em rios, praias e dunas. Sua extração tem degradado o meio ambiente e isso muitas vezes acaba gerando impactos irreversíveis, visto que há uma grande chance de perda da biodiversidade e poluição das águas decorrentes de uma má extração (BAUER, 2008).

Devido a estes riscos ambientais, várias pesquisas vêm sendo realizadas sobre a substituição parcial do agregado miúdo por resíduos oriundos de variadas origens. Partindo deste cenário, o presente artigo buscou estudar e avaliar argamassas produzidas com substituição parcial de resíduos de cerâmica vermelha.

2. Materiais e métodos

2.1 Materiais

Na produção das argamassas foi utilizado o cimento Portland CP V-ARI, com teor de clínquer de 78%, segundo o fabricante, e com massa específica de 3,12 g/cm³, determinada de acordo com a ABNT NBR 16.605:2017. A sua escolha se deu pelo fato de ser um cimento sem adições, a fim de qualificar melhor a reatividade da cerâmica.

O agregado miúdo utilizado foi a areia quartzosa de rio, cuja massa específica é de 2,62 g/cm³, obtida segundo as prescrições da ABNT NBR NM 52:2009 e módulo de finura de 1,53, determinado conforme a ABNTNBR NM 248:2003, classificando-a como areia fina. A curva granulométrica da areia está apresentada no Gráfico 1, com os limites superiores e inferiores estabelecidos pela ABNT NBR 7211:2009.

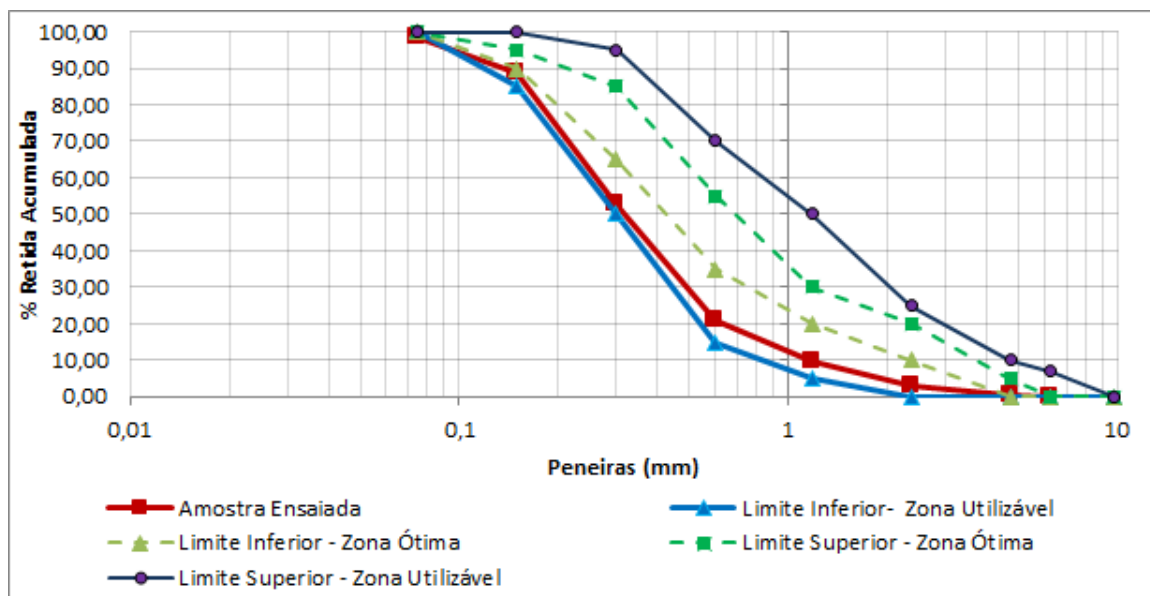


Gráfico 1 – Curva granulométrica do agregado miúdo

O resíduo de cerâmica vermelha utilizado para a realização da pesquisa foi coletado em entulhos de obras da região de Guarapuava.

2.2 Métodos

O procedimento metodológico foi dividido em três fases experimentais: preparo e caracterização física do resíduo de cerâmica vermelha (RCV), produção das argamassas e caracterização no estado fresco e por fim, caracterização das argamassas no estado endurecido, conforme descrito nos itens subsequentes.

2.2.1 Preparo e caracterização física do RCV

A cerâmica foi submetida inicialmente a um processo de moagem, por um processo manual, com o auxílio de martelos e marretas. Ao final da triagem e moagem, totalizou-se 2,480kg de RCV (Figura 1). A moagem da cerâmica foi realizada com o objetivo de homogeneizar o material (redução de grãos aglomerados) e de reduzir a granulometria para aumentar a reatividade com o cimento.



Figura 1 – RCV após moagem e peneiramento

Posteriormente, os RCV foram caracterizados fisicamente, quanto à massa específica, conforme a ABNT NBR NM 52:2009 e classificadas granulometricamente, de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003. Para a produção das argamassas, foram utilizados apenas os grãos de granulometria característica de agregado miúdo, ou seja, que passaram pela peneira 4,8 mm e ficaram retidos na peneira 0,075 mm.

2.2.2 Produção das argamassas e caracterização no estado fresco

Foram produzidas argamassas com substituição da areia pelo RCV, em dois diferentes teores (15 e 30%), além da referência, sem substituição. Para isso, foi utilizado o traço básico de 1:3, em massa. Os procedimentos de mistura para produção das argamassas seguiram o descrito na ABNT NBR 13276:2016 (Figura 2).



Figura 2 - Fabricação da massa na argamassadeira

Após produzidas, no estado fresco, as argamassas foram avaliadas quanto ao seu índice de consistência, de acordo com a ABNT NBR 13276:2016 (Figura 3). Fixou-se a consistência em 260 ± 10 mm e para cada traço determinou-se o consumo de água necessário para manter este critério estabelecido.



Figura 3 - Ensaio de Índice de Consistência *Flow Table* a) Medição após ensaio de *Flow Table* b)

O consumo dos materiais para a produção das argamassas está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Consumo de materiais para produção de 5kg de argamassa

Teor de substituição (%)	Cimento (kg)	Areia (kg)	RCV (kg)	Água (L)	a/c	a/ms
0	1,25	3,75	0,00	0,42	0,33	0,08
15	1,25	3,19	0,56	0,42	0,34	0,08
30	1,25	2,63	1,13	0,42	0,34	0,08

As argamassas produzidas ainda foram avaliadas no estado fresco quanto à densidade de massa e teor de ar incorporado, segundo a ABNT NBR 13278:2005.

2.2.3 Caracterização no estado endurecido

Posteriormente, foram moldados 4 corpos de prova cilíndricos (5x10 cm) para cada teor de substituição. Após 24 horas de cura, os corpos de prova foram desformados, devidamente identificados e mergulhados em um tanque de água saturada de cal, onde permaneceram até as idades estabelecidas para a realização dos ensaios no estado endurecido, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Ensaios realizados no estado endurecido das argamassas

Ensaios	Idade	Qtde. de CP's/idade	Dimensão dos CP's	Norma
Densidade de massa	28 dias	4	5x10cm	ABNT NBR 13278:2005
Absorção de água e índice de vazios	28 dias	4	5x10cm	ABNT NBR 9778:2009
Resistência à compressão	7 e 28 dias	8	5x10cm	ABNT NBR 7215:2009

3. Resultados e discussões

3.1 Caracterização física dos resíduos de cerâmica vermelha

O RCV foi caracterizado fisicamente quanto a sua distribuição granulométrica conforme Tabela 3, em comparação com a ABNT NBR 7211:2009, foi observado que a porcentagem retida acumulada a partir da peneira 2,4 mm foi superior até a peneira de 0,6 mm e nas peneiras de 0,3 mm, 0,15 mm e 0,075 mm mostrou-se inferior.

Tabela 3 – Composição granulométrica do RCV

Série # (mm)	Massa retida (g)	% retida	Massa retida acum. (g)	% retida acum.
38	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00
9,5	0,00	0,00	0,00	0,00
4,8	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4	845,00	33,80	845,00	33,80
1,2	665,00	26,60	1510,00	60,40
0,6	285,00	11,40	1795,00	71,80
0,3	205,00	8,20	2000,00	80,00
0,15	190,00	7,60	2190,00	87,60
0,075	160,00	6,40	2350,00	94,00
Fundo	130,00	5,20	2480,00	99,20

Foi determinada a composição da curva granulométrica do RCV podendo ser observado no Gráfico 2, que apresentou módulo de finura de 3,34, segundo ABNT NBR NM 248:2003 classificando-o como grosso.

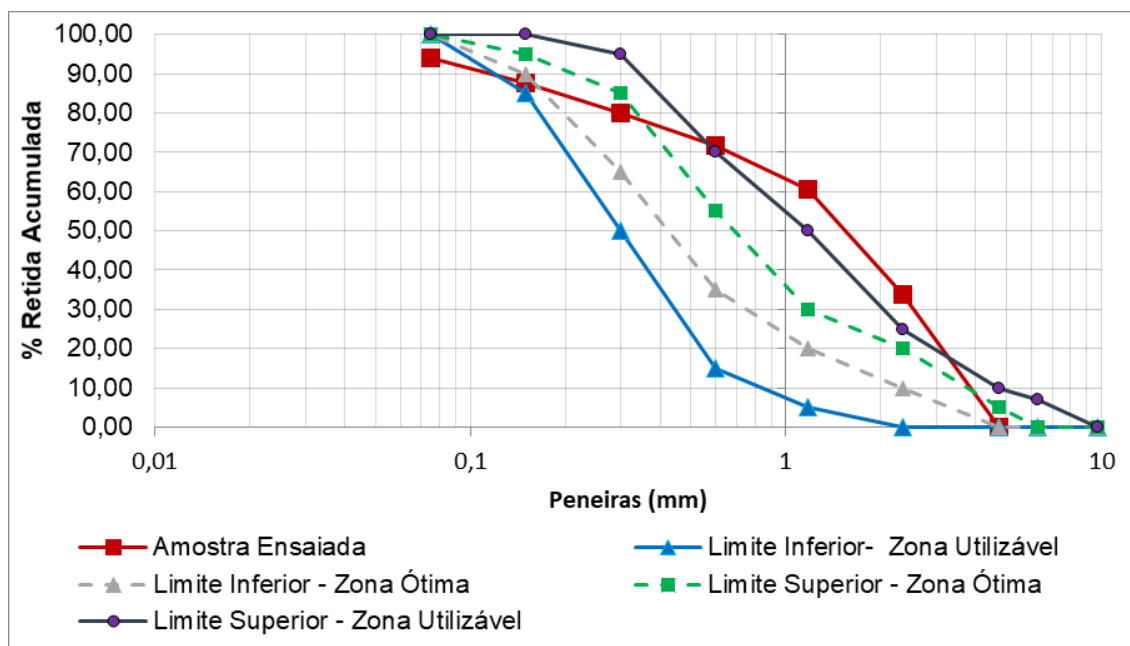


Gráfico 2 – Curva granulométrica do RCV

Ainda na caracterização física, obteve-se o valor de massa específica de 1,202

g/cm³, conforme a ABNT NBR 9776:2009. Notou-se que a massa específica do RCV é inferior à do agregado miúdo de 1,302 g/cm³ e fisicamente,

3.2 Índice de consistência das argamassas

Os índices de consistências das argamassas, corresponde à média de três medidas de diâmetro, foram obtidos segundo a NBR 13276 (ABNT, 2016). A Tabela 4 apresenta os resultados para os diferentes teores de substituição do agregado miúdo pelo RCV.

Tabela 4 – Índice de Consistência das Argamassas

Teor de substituição (%)	Medida 1 (mm)	Medida 2 (mm)	Medida 3 (mm)	Média (mm)
0	260,00	255,00	255,00	256,67
15	270,50	280,00	290,00	280,17
30	260,00	260,00	260,00	260,00

A partir da análise da Tabela 4, nota-se que o índice de consistência da argamassa diminuiu conforme aumentou a porcentagem de substituição da areia pelo RCV. Isso deve-se, possivelmente a uma alta relação água/cimento do RCV em comparação com a areia, pode ser consequência da diferença do teor de finos dos agregados.

3.3 Densidade de massa das argamassas

Os resultados obtidos pela substituição na Tabela 5 apresentam a densidade de massa das argamassas, determinados segundo a ABNTNBR 13278:2005.

Tabela 5 – Densidade de massa das argamassas

Teor de Substituição (%)	Amostra	Densidade de Massa em Fresco				Densidade de Massa em Endurecido			
		Individual (g/cm ³)	Média (g/cm ³)	Desv. Pad. (g/cm ³)	CV (%)	Individual (g/cm ³)	Média (g/cm ³)	Desv. Pad. (g/cm ³)	CV (%)
0	I	1,90	1,90	0,006	0,30	1,71	1,72	0,017	0,97
	II	1,91				1,72			
	III	1,90				1,75			
	IV	1,90				1,71			
15	I	1,83	1,83	0,014	0,77	1,67	1,64	0,023	1,38
	II	1,84				1,62			
	III	1,81				1,65			
	IV	1,82				1,65			
30	I	1,81	1,82	0,010	0,58	1,61	1,61	0,015	0,95
	II	1,81				1,62			
	III	1,82				1,63			
	IV	1,83				1,59			

Por meio da análise dos resultados, é possível observar uma pequena diminuição de densidade de massa das argamassas com o aumento dos teores de substituição, que chega a ter uma redução de até 8,22%, em relação à argamassa de referência, para o teor de 20% de substituição de areia por CC.

3.4 Absorção de água e índice de vazios das argamassas

Os resultados de absorção de água e índice de vazios, determinados de acordo com a ABNT NBR 9778:2009, estão apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Absorção de Água das Argamassas

Teor de substituição (%)	Amostra	Individual (%)	Média (%)	Desv. Pad (%)	CV (%)
0	I	6,18	5,91	0,71	11,94
	II	5,17			
	III	6,77			
	IV	5,54			
15	I	7,10	5,50	2,23	40,61
	II	2,20			
	III	6,15			
	IV	6,53			
30	I	3,46	3,21	0,80	25,04
	II	3,23			
	III	4,03			
	IV	2,11			

Tabela 7 – Índice de Vazios das Argamassas

Teor de substituição (%)	Amostra	Individual (%)	Média (%)	Desv. Pad (%)	CV (%)
0	I	12,61	12,06	1,43	11,88
	II	10,58			
	III	13,79			
	IV	11,25			
15	I	13,71	10,68	4,23	39,59
	II	4,43			
	III	11,96			
	IV	12,63			
30	I	6,77	6,31	1,56	24,79
	II	6,38			
	III	7,91			
	IV	4,18			

Observa-se que tanto para a absorção de água quanto para o índice de vazios, os resultados diminuem com o aumento do teor de substituição, que pode ser justificado pelo aumento do índice de relação água/cimento.

3.5 Resistência à compressão das argamassas

As argamassas foram avaliadas quanto à resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias, de acordo com a ABNT NBR 7215:2019. Os resultados, que consistem na resistência média de quatro corpos de prova, estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Resistência à compressão das argamassas

Teor de substituição (%)	Amostra	7 dias				28 dias			
		Individual (MPa)	Média (MPa)	Desv. Pad. (MPa)	CV (%)	Individual (MPa)	Média (MPa)	Desv. Pad. (MPa)	CV (%)
0	I	5,09	5,09	0,62	12,11	7,24	7,27	0,77	10,60
	II	5,34				7,49			
	III	5,69				8,09			
	IV	4,25				6,24			
15	I	4,45	5,36	0,61	11,45	6,24	7,52	0,86	11,50
	II	5,74				8,14			
	III	5,54				7,74			
	IV	5,69				7,94			
30	I	6,14	6,24	0,50	7,97	8,59	8,72	0,73	8,38
	II	5,59				7,74			
	III	6,74				9,39			
	IV	6,49				9,14			

Avaliando a resistência à compressão dos corpos de prova com 15% de RCV, nota-se o aumento na resistência comparado com valor de referência de 0% de substituição. Na avaliação dos corpos de prova com 30% de substituição de RCV, observa-se também um aumento gradativo na resistência comparado com o ponto de referência 0% e de substituição 15%. Por meio da avaliação dos resultados nota-se que, no ensaio de resistência à compressão houve um aumento de resistência diretamente proporcional ao aumento da porcentagem do RCV e ao tempo de secagem dos corpos de prova.

4. Conclusão

Devido a suas propriedades, torna-se possível a substituição parcial do agregado miúdo nas proporções de 15% e 30% de resíduo de cerâmica vermelha em relação à mistura da argamassa. Ainda que tenha perdido um pouco de sua densidade após a mistura, a argamassa pode ser moldada sem problemas. A substituição parcial do agregado miúdo por resíduo cerâmico vermelho nas argamassas aumentou sua retenção a água, o que é algo benigno, visto que atingirá diretamente seu endurecimento, tendo uma hidratação adequada, e aumentando a durabilidade e resistência mecânica. Em relação a resistência à compressão, ocorreu um aumento se comparado com a argamassa comum, visto que melhorou seu desempenho quando sujeita a este tipo de esforço, tendo um crescimento de sua resistência. Concluiu-se que a implementação do resíduo de cerâmica vermelha na mistura da argamassa é viável, pois não interfere nas propriedades já existentes da argamassa, e ainda proporciona um acréscimo em seus atributos.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: 2003.
- _____. ABNT. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: 2003.
- _____. ABNT. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: 2009 - Versão corrigida 2019.
- _____. ABNT. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: 1996.

_____. **ABNT**. NBR 9776 - Agregados Determinação Da Massa Específica Chapman. Rio de Janeiro: 2009.

_____. **ABNT**. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: 1987.

_____. **ABNT**. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: 2016.

_____. **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: 2005.

ADDIS, B. *Reúso de materiais e elementos de construção* / Bill Addis: tradução Christina Del Posso. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

BAUER, L. A. F. *Materiais de construção*, 5. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CENTENARO, S. H.; DA SILVA, J. A. G.; PAULINO, R. S. *Uso de Cinzas de Biomassa Geradas na Agroindústria do Malte para Produção de Argamassas*. Revista Internacional de Ciências. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/ric>. Acesso em: 24 de outubro de 2021.