



Analysis of the mechanical resistance of mortar produced with residue of red ceramics in substitution of small aggregate

Carla Taynara Pantoja Gomes¹, Arthur Vinicius de Brito²

^{1,2} Centro Universitário do Norte – UNINORTE - *Laureate Universities*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM.

Email: karlathaynarap@gmail.com, arthur.brito.09@hotmail.com

ABSTRACT

Received: October 11th, 2018

Accepted: November 15th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



The Construction sector is one of the main responsible for the extraction of mineral inputs in the world, as well as responsible for the generation of an expressive amount of solid urban waste, causing great environmental partner impacts. The reuse and recycling of these materials is an alternative to reduce such impacts. Therefore, this study aimed to evaluate the compressive strength of mortars for coatings, considering the substitution of the small aggregate for red ceramic residue. For this, bibliographical research and normative tests were used as a methodology. The studies present the results of the mortar consistency index and compressive strength results at 7 and 28 days for the replacement contents analyzed. The results show that the recycled aggregate can be inserted in different proportions as a small aggregate form in the production of mortars.

Keywords: Ceramic Residue, Mortar, Recycled Aggregate.

Análise da resistência mecânica de uma argamassa produzida com resíduo de cerâmica vermelha em substituição do agregado miúdo

RESUMO

O setor da construção civil é um dos maiores responsáveis pela extração de insumos minerais no mundo, assim como é responsável pela geração de uma quantidade expressiva de resíduos sólidos urbanos, provocando grandes impactos socioambientais. A reutilização e reciclagem desses materiais apresenta-se como uma alternativa para diminuir tais impactos. Perante isso, esse estudo teve como objetivo avaliar a resistência à compressão de argamassas para revestimentos, considerando a substituição do agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha. Para tanto, foram utilizados como metodologia pesquisas bibliográficas e ensaios normatizados. Os estudos apresentam resultados do índice de consistência da argamassa e resultados da resistência a compressão aos 7 e 28 dias para os teores de substituição analisados. Os resultados mostram que o agregado reciclado pode ser inserido em diferentes proporções como forma de agregado miúdo na produção de argamassas.

Palavras-chave: sistemas hidráulicos, água fria, habitações populares.

I INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem um indicativo determinante no crescimento econômico e social. Atualmente o setor é um dos maiores responsáveis pela extração de insumos minerais no mundo, sendo também o responsável por uma quantidade expressiva de resíduos gerados a partir de processos construtivos, denominados Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Conforme dados de pesquisas realizadas em 2012 pelo Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM [1], em 14 anos, a demanda por agregados da construção civil partiu de 460 milhões de

toneladas em 1997 para 673 milhões de toneladas em 2011, crescimento correspondente a 46,2% ou a taxa composta de crescimento anual (CAGR – Compound Annual Growth Rate) de 2,8% a.a., já tomando-se o período de 2001 a 2011, o crescimento da demanda foi de 92,3% correspondente a um CAGR de 6,8% a.a., representando um aumento notável no consumo.

Uma vez que a geração de resíduos está diretamente relacionada ao consumo de agregados, nota-se um aumento expressivo na geração do mesmo. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) [2], os municípios coletaram mais de 35 milhões de

toneladas de RCD apenas em 2012, tendo um aumento de 5,3% comparado ao ano anterior. Cerca de 50% a 70% dos resíduos sólidos urbanos produzidos atualmente são oriundos da construção civil [3].

Além dos dados estatísticos mostrarem que a construção civil tem um percentual significativo na contribuição de impactos ambientais decorrentes da excessiva demanda por recursos minerais, que afetam a vida útil das jazidas, pois, após um determinado período, o recurso explorado, como a areia, se torna escasso e ocasiona a infertilidade dos solos, erosões e desmatamentos [4].

Diante desta situação fica evidente a necessidade de se buscar alternativas que enfoquem sua reciclagem e reutilização na cadeia da construção civil, visto que grande parte desses materiais apresenta potencial para tal. Evitando assim o grande acúmulo de resíduos em aterros e diminuindo a demanda pela extração de insumos minerais, que estão associadas a problemas ambientais. No Brasil, a resolução CONAMA 307 [5], fornece diretrizes para classificação dos resíduos de construção e demolição, servindo de estímulo para que se separe os resíduos cuja fração mineral passa a ser aproveitada através de beneficiamento sob a forma de agregado [6].

Embora já existam vários estudos envolvendo a reciclagem de RCD para reutilização na construção civil como material alternativo, muitos estudos ainda precisam ser desenvolvidos com o objetivo de obter informações sobre o comportamento e as propriedades destes materiais ao longo tempo. Com isso possibilitará estabelecer a correlação entre reciclagem, desempenho tecnológico e ecologia, contribuindo na busca por desenvolvimento sustentável, amparando-o em fundamentos científicos (FILHO, 2007). [7].

Nesse sentido, pretendeu-se avaliar a resistência a compressão da argamassa para revestimento com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha no estado endurecido. Visando ampliar o conhecimento das propriedades e do comportamento das argamassas produzidas com agregados reciclados. Desta forma, além de reduzir o impacto causado pela extração de matéria prima, contribui para diminuição da grande quantidade de entulhos em aterros ou bota foras, sendo este o principal causador de poluição e assoreamento de rios.

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizadas pesquisas bibliográficas e ensaios normatizados. A pesquisa bibliográfica baseou-se em publicações científicas na área de materiais de construção. Os ensaios normatizados por sua vez foram realizados seguindo as normas específicas através de um programa experimental adotado, com o objetivo de caracterizar os agregados e verificar o desempenho da argamassa produzida.

II METODOLOGIA

A síntese foi desenvolvida através de levantamento de informações científicas e expostas na forma de versão literária, utilizando como

Com o objetivo de analisar a resistência mecânica de argamassas para revestimento, com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha foi feito um estudo experimental no Laboratório do Centro Universitário do Norte - UNINORTE – Unidade XI. Onde foram realizados ensaios de caracterização do agregado reciclado e ensaios de resistência à compressão dos Corpos de Provas (CP) produzidos.

Para a análise do comportamento das argamassas foram preparados 24 corpos de provas, sendo 6 de argamassas

produzidas com agregado miúdo natural e 18 produzidas com resíduos de cerâmica vermelha. Os dois tipos de argamassas foram produzidos com o traço de 1:3, variando a quantidade de agregados e a relação a/c. A tabela 1 apresenta os diferentes percentuais de substituição do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado, onde o agregado natural foi substituído pelo reciclado nas proporções 0%, 20%, 30% e 50%.

Tabela1: Teor de substituição na argamassa

MISTURA	AGREGADO NATURAL (%)	AGREGADO RECICLADO (%)
M1	100	0
M2	80	20
M3	70	30
M4	50	50

Fonte: Autores, (2018).

Todos os ensaios foram executados seguindo os critérios das normas ABNT referentes.

III MATERIAIS UTILIZADOS

III.1 CIMENTO

Para a produção da argamassa foi utilizado cimento Cemex CP-I-S-40. Onde a massa específica do cimento encontrada foi de 3,01 g/cm³, de acordo com ensaio realizado seguindo as descrições da NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais – Determinação da massa específica. [8].

III.2 AGREGADO RECICLADO

O material reciclado foi proveniente de uma reforma residencial, constituído por resíduos de cerâmica vermelha. Onde posteriormente foi triturado, para sua utilização como agregado miúdo na produção da argamassa. Sendo depois submetido a um peneiramento conforme a norma NBR NM 46 [9], na peneira de abertura de malha de 74 µm.



Figura1: Resíduo de cerâmica vermelha.

Fonte: Autores, (2018).

III.3 ÁGUA

Foi utilizada água potável fornecida pela empresa local.

III.4 AGREGADO NATURAL

Foi utilizado areia natural, fornecida pela empresa Polimix.

III.5 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO

A tabela 2 apresenta os ensaios executados para caracterização do material cerâmico reciclado conforme as normas da ABNT.

Tabela 2: Ensaios de caracterização executados

PROPRIEDADES	ENSAIOS
Massa específica	NBR NM 52
Módulo de finura	NBR NM 248
Dimensão máxima	NBR NM 248

Fonte: Autores, (2018).

III.5.1 MASSA ESPECIFICA

Para a realização do ensaio da massa específica foi utilizada a NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.[10].

III.5.2 MÓDULO DE FINURA E DIMENSÃO MÁXIMA

O ensaio para a obtenção do módulo de finura e dimensão máxima foi realizada segundo a NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica [11].

III.6 PRODUÇÃO DA ARGAMASSA

A produção da argamassa foi feita manualmente, seguindo os procedimentos descritos na NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. [12].

III.7 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

III.7.1 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Para a determinação do índice de consistência da argamassa foi realizado ensaio seguindo as instruções fixadas na norma NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de parede e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. [12]. Foi adotado para o estudo um espalhamento médio de 270 mm \pm 10 mm visando assegurar a correta aplicação da mistura. A seguir, a figura 2 mostra a mesa de consistência utilizada para o ensaio.

Figura 2: Mesa de consistência.



Fonte: Autores, (2018).

III.7.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão seguiu os procedimentos da norma NBR 5739/07 – Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos [13]. Sendo determinada nas idades de 7 e 28 dias, com 3 corpos de prova cilíndrico para cada idade moldados conforme a NBR 5738/08: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova[14]. A figura 3 mostra a prensa utilizada para a determinação da resistência a compressão.



Figura 3: Prensa elétrica digital utilizada nos ensaios de resistência a compressão.

Fonte: Autores, (2018).

IV RESULTADOS

IV.1 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO

A tabela 3, a seguir apresenta os resultados da caracterização dos agregados:

Tabela3: Resultados da caracterização dos agregados.

ENSAIOS	RESULTADOS
Massa específica (nbr nm 52)	2.34 kg/dm ³
Módulo de finura (nbr nm 248)	3.965
Dimensão máxima (nbr nm 248)	9.2 mm

Fonte: Autores, (2018).

Não foi realizado ensaio de massa unitária úmida, por considerar que o material estava armazenado em local seco durante o estudo, assim não sendo necessário.

IV.2 RESULTADO NA ARGAMASSA

IV.2.1 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Depois de preparada a argamassa, foi determinado o índice de consistência seguindo os procedimentos da NBR 13276 (ABNT, 2002). [12]. A tabela abaixo mostra os resultados do ensaio, para cada uma das misturas, sendo a mistura 1 (M1) a argamassa de referência, a mistura 2 (M2) com substituição de 20% do agregado natural pelo reciclado, mistura 3(M3) com substituição de 30% e mistura 4(M4) com substituição de 50%.

Tabela 3: Resultados dos ensaios do índice de consistência da argamassa.

MISTURA	ESPALHAMENTO MÉDIO (mm)
M1	279
M2	256
M3	250
M4	242

Fonte: Autores, (2018).

IV.2.2 CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Foram moldados corpos de provas de 100 mm x 200 mm, nas idades de 7 e 28 dias, onde posteriormente foram submetidos a ensaio de resistência a compressão conforme as prescrições da NBR 5739 (ABNT, 2007). [13].



Figura 4: Corpo de prova sendo rompido.
Fonte: Autores, (2018).

As figuras 5 e 6 respectivamente apresentam os resultados obtidos dos ensaios de resistência à compressão.

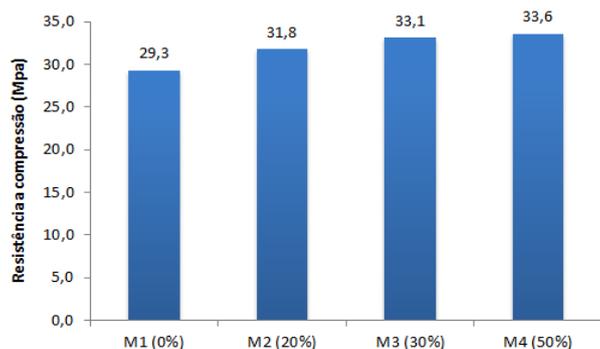


Figura 5: Resultado do ensaio de resistência a compressão aos 7 dias.

Fonte: Autores, (2018).

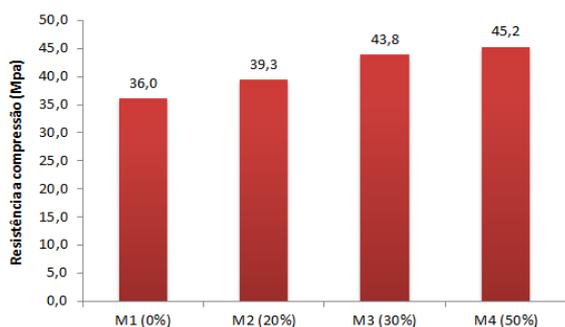


Figura 6: Resultado do ensaio de resistência a compressão aos 28 dias.

Fonte: Autores, (2018)

V DISCUSSÃO

V.1 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Verificou-se que o espalhamento da argamassa diminui à medida que a porcentagem de substituição de agregado miúdo natural pelo agregado reciclado aumenta. Isso se deu por que o agregado reciclado retém uma maior quantidade de água que o

agregado miúdo natural, o que faz com que se tenha uma menor quantidade de água livre nas misturas, favorecendo assim na diminuição do espalhamento.

V.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência da argamassa está diretamente ligada à segurança e durabilidade da mesma. Nota-se na figura 7 que quanto maior o teor de agregado reciclado incorporado na argamassa, à resistência à compressão apresenta resultados superiores à argamassa de referência (M1), isso possivelmente pode ter ocorrido por que o agregado reciclado apresenta uma maior absorção do que o agregado natural.

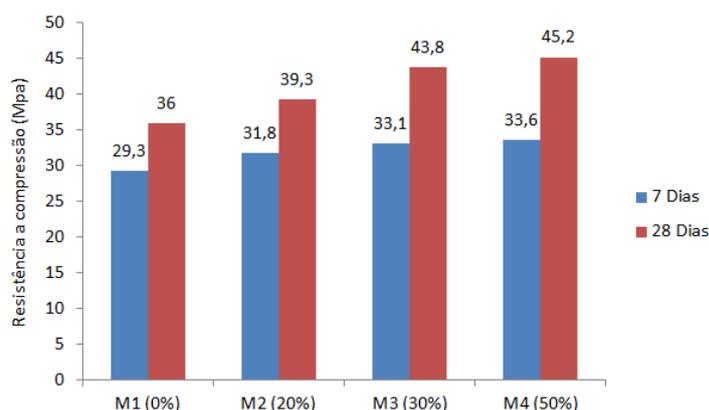


Figura 7: Comparativo do resultado da resistência a compressão aos 7 e 28 dias.

Fonte: Autores, (2018).

Observa-se ainda na figura 7 que a resistência da argamassa tende a aumentar em idades mais avançadas, onde ocorreu sua maior variação na mistura 4 (M4) com 11,6 Mpa, de acordo com Leite (2001) [15], é provável que a alta absorção do agregado reciclado possa contribuir para que haja efeito de cura interna tardia na pasta. Ainda segundo a autora, quando boa parte da mistura é combinada, ainda existe água presente no agregado, que pode estar disponível para que as reações de hidratação continuem acontecendo. Além disso, existe uma possibilidade de haja um efeito pozolânico no material reciclado, que contribui para que haja um pequeno aumento na resistência em idades mais avançadas.

VI. CONCLUSÃO

A indústria da construção é o setor que mais consome recursos naturais e utiliza de forma intensiva, gerando uma grande quantidade de resíduos sólidos que ocasionam significativos impactos ambientais. Tendo em vista isso, surge o paradigma da construção sustentável na busca de minimizar tais impactos que consistem na redução e otimização de consumo de materiais e resíduos gerados. Portanto a reciclagem e reutilização de resíduos é uma das alternativas para redução dos impactos ambientais. Para contribuição do conhecimento acerca do comportamento das argamassas produzidas com agregados reciclados, este estudo foi feito empregando-se resíduos de cerâmica vermelha na substituição do agregado miúdo, onde foi analisado o índice de consistência da argamassa e resistência à compressão. Na avaliação do ensaio que determina o índice de consistência, notou-se que quanto maior o teor de substituição de agregados o espalhamento tende a diminuir, devido a alta taxa de absorção do agregado e teor de finos presentes em sua composição.

Quanto à resistência a compressão, comprovou-se que à medida que o teor de substituição de agregado natural pelo agregado reciclado aumenta a resistência também aumenta. Notou-se que aos 7 dias de cura a resistência encontrada já era de 80% da resistência obtida aos 28 dias, o que indica uma tendência acelerada de evolução da hidratação da argamassa. Também indicando a presença de atividade pozolânica do resíduo de cerâmica vermelha. Em termos gerais, observou-se que os valores de resistência à compressão obtidos das misturas 2, 3 e 4, foram superiores aos da argamassa de referência (M1), o que aponta um potencial para a redução do uso de agregado miúdo natural. No entanto, é preciso ressaltar que apesar do bom comportamento apresentado, existe a necessidade de se realizar novos estudos visando outras propriedades mecânicas das argamassas tanto no estado fresco como no endurecido com a utilização de resíduos de cerâmica vermelha.

VII REFERÊNCIAS

- [1] IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e análises da economia brasileira**, 7ª edição, Dezembro 2012.
- [2] ABRELP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2014.
- [3] GESTÃO DE RESÍDUOS GARANTE BENEFÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON**. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/index.php/2015/05/27/gestao-de-residuos-garante-beneficios-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 23/Março/2016.
- [4] Calçado, G. C. D. S. **Influência da adição de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho de argamassas de cimento Portland**. 2015, 11 f. Projeto de Graduação - UFRJ/Escola Politécnica. Rio de Janeiro. 2015.
- [5] BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307 de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**, Publicado no DOU nº 136, de 17/07/2002, pág. 95-96.
- [6] Pedrozo, R. F. E. **Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedades de argamassas e concretos**. 2008, 1 f. Dissertação (Mestrado) - UFSC/PPGEC. Florianópolis. 2008.
- [7] Filho, J. F. **Estudo da durabilidade de argamassas alternativas produzidas de resíduos de construção e granito**. 2007, 14 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - UFCG/CCT. Campina Grande. 2007.
- [8] _____.NBR NM 23: **Cimento Portland e outros materiais em pó** - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.
- [9] _____.NBR NM 46: **Agregados** - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.
- [10] _____.NBR NM 52: **Agregado miúdo** - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- [11] _____.NBR NM 248: **Agregados** - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [12] _____.NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.
- [13] _____.NBR 5739: **Concreto** - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- [14] _____.NBR 5738: **Concreto** - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- [15] Leite, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001, 176 f. Dissertação (Doutorado) - UFRS/PPGEC. Porto Alegre. 2001.