

III-444 - CONCRETO DE PÓS REATIVOS COM RESÍDUOS DE TIJOLOS CERÂMICOS

Nágela Rodrigues Lopes⁽¹⁾

Graduanda de Engenharia Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Paulo Bruno Andrade da Silva⁽²⁾

Graduando de Engenharia Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Jorge Lucas Amaro Nunes⁽³⁾

Graduando de Engenharia Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Perboyre Barbosa Alcântara⁽⁴⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba, Mestre em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Universidade Federal da Paraíba e Doutor em Engenharia Civil (Geotecnia ambiental) pela Universidade Federal de Pernambuco. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

José Ramalho Torres⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Endereço⁽¹⁾: Rua Rio Grande do Sul, 234 – Bela Vista - Fortaleza - CE - CEP: 60441-145 - Brasil - Tel: (85) 3055-6689/ (85) 98658-7176 - e-mail: nagelarodrigues@outlook.com

RESUMO

A utilização de resíduos na produção de concreto está se difundindo, visto que, além de minimizar a utilização de recursos naturais, ainda diminui o custo final do composto. Esses resíduos podem advir de diversos setores da indústria, incluindo o próprio setor da construção da civil, com os resíduos da construção e demolição (RCD). A segregação dos resíduos da construção civil em diferentes classes iniciou-se após a Resolução nº 307 da CONAMA onde o gerador seria responsável pela destinação final desses resíduos, desse modo, facilitou-se a reciclagem desses materiais, como os resíduos de blocos cerâmicos. No presente artigo foram utilizados resíduos de blocos cerâmicos para a produção de concreto de pós reativos, esses resíduos foram moídos e peneirados, sendo utilizado o que passou na peneira de nº 200. O uso do agregado miúdo de resíduos foi realizado substituindo porcentagens crescentes (10%, 20% e 30%) do agregado fino natural no traço do concreto. O objetivo do estudo foi avaliar a diferença da resistência à compressão do concreto de pós reativos com agregados miúdos naturais e com agregados miúdos residuais, para a análise foram moldados três corpos de provas cilíndricos para o traço de comparação e três corpos de prova cilíndricos para cada traço com agregados residuais nas diferentes proporções de 10%, 20% e 30%, esses corpos de prova sofreram cura úmida e após sete dias foram rompidos na prensa hidráulica. Os resultados da pesquisa demonstram que a substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos residuais é satisfatória, pois diminuem menos que 20% da resistência a compressão do concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto com Resíduos, Concreto de Pós Reativos, Resíduos Cerâmicos, CPR, RCD.

INTRODUÇÃO

Em paralelo ao aumento de obras da construção civil cresceu o volume de recursos extraídos da natureza, consequentemente, elevou-se também o volume de resíduos gerados nos canteiros de obras. Os resíduos de construção civil (RCC) podem representar 61 % dos resíduos sólidos urbanos em massa. A partir da Resolução Conama nº 307/2002, o gerador tornou-se responsável pela segregação, coleta e destino final ambientalmente adequado dos RCC. A resolução também determina a proibição do envio a aterros sanitários, entretanto, na atualidade, grande parte desses resíduos vão para os aterros sanitários ou são descartados de maneira irregular (BRASIL, 2012). Conforme dados recentes (ABRELPE, 2015), o total de resíduos de construção e demolição, coletados pelos municípios em 2015 foi de mais de 45 milhões de toneladas, o equivalente a 0,605 kg/habitante/dia.

Conforme dados levantados no Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil (BRASIL, 2012), a composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil é de 63 % de argamassa, 29 % de concreto e blocos, 1 % de orgânicos e 7 % de outros materiais diversos. Portanto, os blocos ou tijolos cerâmicos

constituem uma importante fração desses resíduos, sendo possível então a sua utilização em larga escala na fabricação de agregados para a produção de concretos com resíduos.

O Concreto de Pós Reativos (CPR) é um material de construção relativamente novo e seu desenvolvimento vem sendo aos poucos difundido na indústria da construção civil, porém, um grande agente que dificulta a sua produção é o seu alto custo, só se tornando viável em grandes obras de altíssimas exigências. Para garantir a sua viabilidade, vem sendo realizados vários estudos substituindo alguns de seus componentes por materiais mais facilmente encontrados na natureza ou materiais residuais da própria indústria da construção civil, este último sendo o foco deste trabalho.

A dosagem do concreto de pós reativos visa produzir um material com o mínimo de defeitos, utilizando partículas sólidas de pequenos diâmetros, variando entre 2 mm e 0,5 μ m, proporcionando mistura de elevada densidade e com baixo índice de vazios (VANDERLEI e GIONGO, 2006). Os resíduos de blocos cerâmicos podem ser facilmente triturados, com baixo consumo de energia, para se adequar à distribuição granulométrica dos grãos que compõem o CPR.

Assim, aliando a disponibilidade de materiais recicláveis à necessidade da diminuição dos custos da produção de CPR e a urgente necessidade de redução da utilização dos recursos naturais, neste trabalho se propõe a produção de concreto de pós reativos com a adição de resíduos cerâmicos.

OBJETIVO

Avaliar a influência da substituição, em parte, da areia quartzosa por resíduos de cerâmica vermelha, provenientes da construção civil, em relação a resistência à compressão e a massa específica do CPR.

MATERIAIS

Cimento

O cimento utilizado nessa pesquisa foi o CP V – ARI RS, que é um cimento cuja característica principal está relacionada à elevada resistência inicial. Possui basicamente a mesma composição do cimento comum, porém sendo mais fino, garantindo, com isso, uma alta resistência nas primeiras idades.

Sílica ativa

A sílica ativa é um produto residual da produção do silício metálico na indústria metalúrgica, quando utilizada na composição de concreto confere alta resistência. Por ser um produto bastante fino, possui uma superfície específica bastante elevada.

Areia quartzosa

A areia utilizada nesta pesquisa é formada por fragmentos de rochas com alta porcentagem de quartzo, sendo classificada como areia quartzosa. O quartzo, por ser um minério de alta dureza, confere a esta areia excelente propriedade de resistência para uso em concretos especiais.

Separou-se a areia em faixas granulométricas (Tabela 1) conforme a norma NBR 7214/2012 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Desta divisão de faixas, desprezou-se a Areia Grossa e utilizou-se somente quantidades de areia classificadas como Areia Média Grossa, Areia Média Fina e Areia Fina.

Tabela 1 - Classificação das faixas granulométricas para a Areia Normal

Material retido entre as peneiras de abertura normal	Denominação
2,4 mm e 1,2 mm	Areia Grossa
1,2 mm e 0,6 mm	Areia Média Grossa
0,6 mm e 0,3 mm	Areia Média Fina
0,3 mm e 015 mm	Areia Fina

Resíduos cerâmicos

Em seu Artigo 3º, a Resolução Conama nº 307/2002, alterada pela Resolução Conama nº 348/2004 (Artigo 3º, inciso IV), propõe a classificação dos RCC, que deverão seguir a divisão em quatro classes. Os resíduos de classe A são àqueles reutilizáveis ou recicláveis como agregados e incluem o entulho de construção, demolição, reformas e reparos de edificações como componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto.

Os resíduos de blocos cerâmicos, pertencentes a Classe A dos RCC, foram provenientes da obra de construção do Bloco Didático do Instituto Federal do Ceará (IFCE), Campus de Fortaleza. O material foi transformado em agregado miúdo (Figura 1) na máquina do Ensaio de Resistência a Abrasão Los Angeles e, posteriormente, peneirado para atender a classificação de finos, ou seja, material granular que passa na peneira de 0,150 mm.



Figura 1 - Resíduo de cerâmica vermelha utilizado na pesquisa

O ensaio de caracterização do agregado reciclado foi feito no Laboratório de Materiais da Construção Civil do IFCE – Campus de Fortaleza e foram obtidos os seguintes dados (Tabela 2):

Tabela 2- Caracterização do agregado reciclado de blocos cerâmicos

ENSAIOS	RESULTADOS
Massa específica aparente do agregado seco (NBR NM 52).	2,132 g/cm ³
Massa específica do agregado saturado superfície seca (NBR NM 52).	2,341 g/cm ³
Massa específica (NBR NM 52).	2,694 g/cm ³
Absorção de água (NBR NM 30)	9,8 %

Superplastificante

O aditivo superplastificante escolhido para o desenvolvimento do concreto foi o MC- PowerFlow 4000 fabricado pela MC-Bauchemie. O superplastificante proporciona ao concreto melhor trabalhabilidade para coeficientes de água/cimento (a/c) muito baixos, melhorando a fluidez por meio de dispersão elétrica.

Água

A água de amassamento utilizada na mistura foi da rede pública do estado do Ceará, sendo fornecida pela CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) e proveniente da Estação de Tratamento de Água (ETA) Gavião.

METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em duas partes, primeiramente foi produzido o CPR de referência (Traço de Referência – TR), mostrado na Tabela 3, com o traço de Concreto de Pós Reativos (CPR) anteriormente elaborado no IFCE para participação das competições do Congresso Brasileiro do Concreto no ano de 2016 e, posteriormente, foi substituída parte da areia quartzosa, presente no traço de referência, por resíduos cerâmicos em diferentes proporções, com o objetivo de avaliar alteração em características físicas e mecânicas, especialmente a massa específica e a resistência à compressão.

Foram utilizadas as proporções de 10%, 20% e 30% de substituição da areia quartzosa por areia de resíduos (Figura 2) e denominados de Traço de Comparação TC-1, TC-2 e TC-3, respectivamente, mostrados na Tabela 4. O concreto foi preparado com uso de um misturador de eixo vertical como ilustrado na Figura 3.

Tabela 3 - Traço de Referência - TR

Materiais	Traço de Referência (TR)
Cimento (Kg)	1,2000
Sílica Ativa (Kg)	0,2448
Areia Média Grossa (Kg)	0,4284
Areia Média Fina (Kg)	0,4284
Areia Fina (Kg)	0,4284
Aditivo Superplastificante (Kg)	0,0490
Água (Kg)	0,2633

Tabela 4 - Traços de Comparação - TC

Materiais	Traço de Comparação (TC-1)	Traço de Comparação (TC-2)	Traço de Comparação (TC-3)
Cimento (Kg)	1,2000	1,2000	1,2000
Sílica Ativa (Kg)	0,2448	0,2448	0,2448
Areia Média Grossa (Kg)	0,3857	0,3427	0,3000
Areia Média Fina (Kg)	0,3857	0,3427	0,3000
Areia Fina (Kg)	0,3857	0,3427	0,3000
Pó de Resíduos Cerâmicos (Kg)	0,1286	0,2570	0,3856
Aditivo Superplastificante (Kg)	0,0490	0,0490	0,0490
Água (Kg)	0,2633	0,2633	0,2633



Figura 2 - Resíduos de cerâmica misturados ao traço



Figura 3 – Preparação do concreto

Foram moldados três corpos de prova cilíndricos de 50 mm x 100 mm (diâmetro x altura) para cada traço (Figura 4), com cura úmida, e após 7 dias foram rompidos em Prensa Hidráulica para se obter o resultado de resistência à

compressão, conforme a norma NBR 7215/1996, determinando-se a massa específica do concreto antes do rompimento.



Figura 4 - Corpos de Prova – TR

RESULTADOS

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão para o concreto com agregados naturais e reciclados para cada faixa de adição são apresentados nas Figuras 5 e 6. Nota-se que houve uma variação relativamente grande entre os resultados para um mesmo traço, possivelmente, devido às falhas na moldagem e, especialmente, no acabamento do topo dos corpos de prova. Desse modo, para fins de comparação, eliminou-se os resultados daqueles corpos de prova que apresentaram maiores imperfeições no acabamento dos topos e, conseqüentemente, menores resistências devido ao contato inadequado com os pratos da prensa hidráulica. Os resultados médios, dos dois maiores valores de cada um dos traços são apresentados na Figura 6.

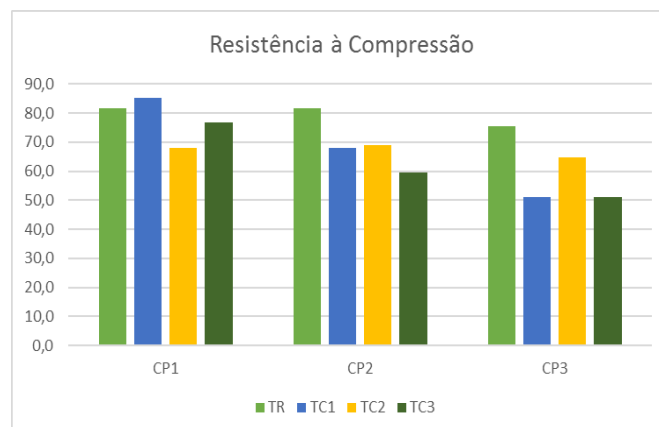


Figura 5 – Resistências à compressão do com idade de 7 dias

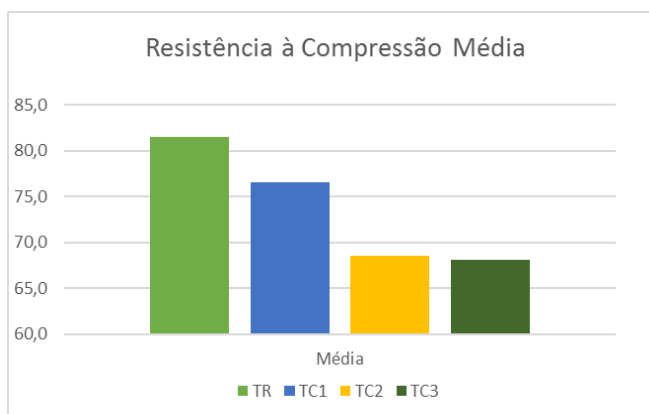


Figura 6 – Média das resistências à compressão

Considerando os valores médios, nota-se que o Traço de referência (TR) obteve a maior média de resistência à compressão e o Traço de comparação 1, com 10 % de substituição do agregado miúdo por resíduos, foi o que mais se aproximou, apresentando um valor médio, apenas, 6 % inferior ao valor observado para o TR. O traço com menor média de resistência à compressão foi o Traço de comparação 3, com 30 % de areia residual, com média aproximadamente 16% menor do que a do TR.

A mistura apresentou boa plasticidade, fácil moldagem e visualmente boa homogeneidade, tanto no traço de referência como nos traços de comparação, indicando as proporções de resíduos cerâmicos adicionados (10%, 20% e 30%) em substituição da areia quartzosa, não alteraram a trabalhabilidade do concreto. Apesar dos resíduos cerâmicos apresentarem uma grande absorção de água, foi possível manter a relação água/cimento de 0,219 em todos os traços.

Analisando o ensaio de massa específica (Tabela 5), verificou-se que a diferença foi relativamente pequena e os traços com resíduos apresentaram valores relativamente maiores, apesar da massa específica dos resíduos cerâmicos ser inferior aos dos agregados convencionais. Isso se deve, possivelmente, à granulometria dos resíduos que deve ter proporcionado um melhor empacotamento, reduzindo assim os vazios da mistura.

Tabela 5 - Resultado da Massa específica

Traço / Nº CP	Traço de Referência (TR)	Traço de Comparação 1 (TC1)	Traço de Comparação 2 (TC2)	Traço de Comparação 3 (TC3)
CP1	2,32	2,36	2,36	2,35
CP2	2,23	2,35	2,34	2,35
CP3	2,26	2,36	2,36	2,35
Média	2,27	2,36	2,35	2,35

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição, em parte, da areia quartzosa por resíduos cerâmicos finamente moídos, mostrou-se mais viável, em termos de resistência à compressão, na porcentagem de 10 % (TC1) cujo valor médio de resistência foi o que mais se aproximou do traço de referência. Os demais traços também apresentaram resistência consideravelmente elevadas sugerindo que as adições de 20 % e 30 % também possam ser empregadas para a produção de concretos de pós reativos, especialmente, pelo baixo custo do agregado reciclado, o que contribuiria para reduzir o custo final de produção do concreto e, principalmente, por contribuir para a destinação ambientalmente adequada de resíduos da construção civil, diminuindo assim a extração dos recursos naturais e evitando, em grande parte, o descarte irregular no meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. São Paulo, 2015. 92 p.
2. _____. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, 1996.
3. _____. NBR NM 30: Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
3. _____. NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
3. _____. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2001.
4. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama no 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, 17 jul. 2002.
5. BRASIL. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República - SEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Brasília – DF, 2012. 42p.
6. *R. D, Vanderlei; J. S, Giongo. Análise experimental do concreto de pós reativos: dosagem e propriedades mecânicas. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 8, n. 33, p. 115-148, 2006.*