

BLOCOS DE CONCRETO COM AREIA DE DESCARTE DE FUNDIÇÃO: UM CASE DE SUCESSO DE VIABILIDADE ECONÔMICA, PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE DURABILIDADE ¹

Marco Antonio Campos ²

André Munhoz de Argollo Ferrão ³

Fernando Augustos dos Anjos Fernandes ⁴

Antonio Marcos Cazela ⁵

Resumo

No Brasil o volume de areia de descarte de fundição (ADF) é muito grande, o que justifica o desenvolvimento de uma metodologia de reciclagem que permita a sua utilização na construção civil – beneficiando toda a cadeia produtiva e diminuindo o seu descarte nos aterros sanitários, que onera o setor. O bloco de concreto é um produto amplamente utilizado na construção civil brasileira, e a ADF pode ser utilizada como um agregado, substituindo a areia comum. Portanto, foram elaborados blocos de concreto com teores de substituição, em massa, de 13%, 19% e 25% da areia comum por ADF, submetendo-os aos ensaios de resistência à compressão na idade de 28 dias, comparando estes resultados a traços de blocos com agregados comuns. Além de obterem-se blocos de concreto com resistência que permite classificá-los como Classe B, o seu custo de produção com a incorporação de ADF foi inferior ao custo do bloco com agregados comuns. A incorporação de ADF em blocos de concreto tornou-se prática comum na empresa ArtBlocos, que nos últimos quatro anos produziu mais de 5.000.000 de unidades reutilizando mais de 10.500 toneladas de ADF. Espera-se, com este artigo, demonstrar o valor da ADF como agregado na confecção de blocos de concreto, e ressaltar que até o momento presente não há uma metodologia difundida para o seu reaproveitamento em escala nacional. A incorporação da ADF na produção de blocos de concreto resulta em benefícios ambientais e econômicos para toda a cadeia produtiva envolvida.

Palavras-chave: Areia de fundição, Bloco de Concreto, Reciclagem, Sustentabilidade.

CONCRETE BLOCKS WITH WASTE FOUNDRY SAND: A SUCCESS STORY OF ECONOMIC VIABILITY, MECHANICAL AND DURABILITY CHARACTERISTICS

Abstract

In Brazil there is a very large volume of waste foundry sand (ADF), which explains the development of a recycling methodology that allows it to be used in civil construction - benefiting the entire production chain and reducing its disposal in landfills, which puts a burden on the sector. Concrete blocks are a widely used product in Brazil's civil construction sector and the ADF can be used as an aggregate, taking the place of ordinary sand. Therefore, concrete blocks were developed with levels of substitution of the common sand by the ADF, in terms of mass, of 13%, 19% and 25%. These blocks were then subjected to compressive strength testing at the age of 28 days and the results were compared to concrete blocks made from common aggregates. In addition to obtaining concrete blocks with resistance that allows them to be classified as Class B, the production cost of the blocks that included ADF was lower than that of concrete blocks made from common aggregates. The inclusion of ADF in concrete

blocks has become common practice at the company ArtBlocos, which over the last four years has produced more than 5,000,000 units, reusing more than 10,500 tons of ADF. The objective of this article is to show the value of ADF as an aggregate in the manufacture of concrete blocks, and to stress that so far there is no widespread methodology for its reutilization on a national scale. The inclusion of ADF in the production of concrete blocks generates environmental and economic benefits for the entire productive chain involved.

Key words: Foundry Sand, Concrete Blocks, Recycling, Sustainability.

¹ 18º Congresso ABIFA de Fundição.

² Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Civil, Pesquisador Colaborador, Laboratório de Engenharia de Empreendimentos da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – Labore / FEC-Unicamp. <engenheiromarcoantonio@hotmail.com>

³ Engenheiro Civil, Doutor em Arquitetura e Urbanismo, Professor Livre Docente FEC-Unicamp, Coordenador do Labore / FEC-Unicamp. <argollo@fec.unicamp.br>

⁴ Administrador de Empresas, Especialista em Gestão de Pessoas, Proprietário da ArtBlocos Blocos e Pisos Intertravados. <artblocos2@artblocos.com.br>

⁵ Proprietário da ArtBlocos Blocos e Pisos Intertravados. <artblocos2@artblocos.com.br>

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o processo de desenvolvimento do Brasil tem fomentado toda a cadeia da construção civil, em especial os atores envolvidos no Programa Minha Casa Minha Vida, que entregou ou teve contratada pelo governo federal cerca de 4 milhões de unidades habitacionais. Soma-se a este número os lançamentos imobiliários que não se enquadram no mencionado programa governamental, as unidades comerciais e todas as outras obras que movimentaram a economia nacional na última década.

A evolução da construção civil no Brasil contribuiu, entre outros fatores, para com o desenvolvimento de novas tecnologias, processos fabris, produtos e materiais.

Por ser um processo de construção modular e eficiente na etapa de alvenaria, a utilização de blocos com função de vedação ou estrutural, cerâmicos ou de concreto, atingiu patamares elevados, tendo sido esta a técnica escolhida pela maioria dos empreendimentos do setor de construção de edifícios. Com isso o desenvolvimento da indústria de blocos experimentou um grande impulso, incorporando novas tecnologias, materiais, processos e produtos.

Os blocos de concreto são classificados por classe, conforme a NBR 6136 ⁽¹⁾ em função de sua resistência à compressão, que determina a sua utilização (como, e em quais condições o material pode ser utilizado). De acordo com a NBR 6136 ⁽¹⁾ os blocos de concreto devem atender, quanto a seu uso, as classes descritas a seguir:

- Classe A: bloco de concreto com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo: $F_{bk} \geq 8,0$ MPa;
- Classe B: bloco de concreto com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo: $F_{bk} \geq 4,0$ MPa e $F_{bk} < 8,0$ MPa;
- Classe C: bloco de concreto com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo: $F_{bk} \geq 3,0$ MPa;
- Classe D: bloco de concreto sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo: $F_{bk} \geq 2,0$ MPa.

Constituídos por uma composição de material agregado, em geral, agregado graúdo, brita "0" ou pó-de-pedra, e miúdo, areia grossa, material aglomerante, cimento Portland, e uma parte líquida, água e aditivos, o bloco de concreto é um produto da construção civil passível de receber novos e alternativos materiais, mantendo em muitos casos suas características e propriedades.

É prática de mercado a utilização do pó-de-pedra em substituição ao agregado graúdo, sendo este o material alternativo mais utilizados nos blocos de concreto. Entretanto, há outros casos bem-sucedidos como em Campos ⁽²⁾ que combinou isoladores elétricos de porcelana ao cimento, em Buttler ⁽³⁾ e Prado ⁽⁴⁾ os blocos foram confeccionados com rejeitos de concretos e em Fonseca ⁽⁵⁾ os agregados eram provenientes de resíduos de construção e demolição. Em todos os casos os blocos atenderam aos valores mínimos da norma NBR 6136 ⁽¹⁾.

A opção pela areia de descarte de fundição (ADF) como agregado alternativo miúdo em blocos de concreto deve-se ao fato desta conter areia, argila, carvão e material fino, que foram queimados a altas temperaturas e possuem conseqüentemente um índice de atividade pozolânica que permite sua utilização na construção civil.

Compreendendo um descarte médio de aproximadamente 85% da geração de materiais fundidos, apenas no primeiro quadrimestre de 2018 seu passivo brasileiro corresponde a mais de 633.000 toneladas de ADF ⁽⁶⁾.

Trata-se de um passivo com valores representativos de problema ambiental para o seu descarte correto, pois os custos para envio aos aterros sanitários são elevados, e há vários tipos desta areia que diferem entre si devido aos seus constituintes e meios de geração. Uma metodologia adequada tanto para a classificação de seus constituintes como para a sua aplicação permite o uso destas areias de descarte de fundição na construção civil ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾.

Soma-se a este material os rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA), que por apresentar quantidades variáveis para cada tipo e local da extração da areia não há até o momento, no Brasil, dados em relação ao seu volume gerado.

Com isso, uma substituição combinada de areia de descarte de fundição e rejeitos de cascalho da extração de areia na produção comercial de blocos de concreto torna-se uma opção viável, visto que seus teores de combinação atendem a Curva Bresser de granulometria e principalmente contribuem para a diminuição dos passivos destes resíduos que são atualmente pouco reutilizados no Brasil.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi elaborar blocos de concreto combinando a mistura de agregados com areia de descarte de fundição (ADF) e rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA) comparando a traços de blocos de concretos com areia comum e RCA.

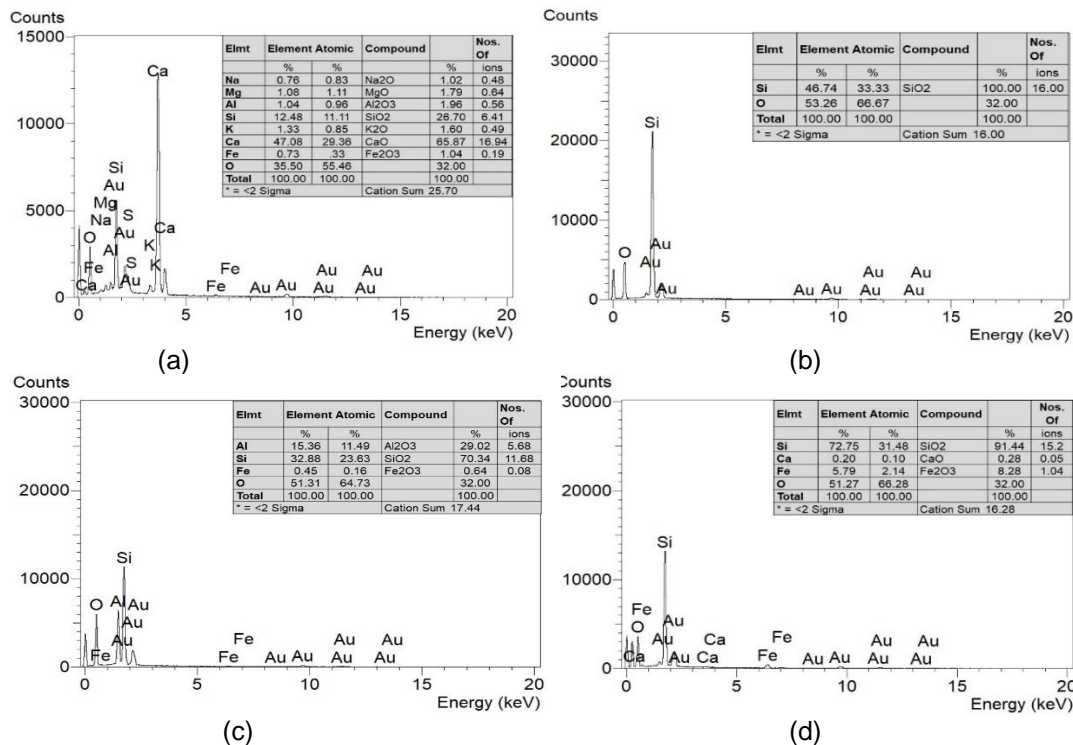
O tipo de bloco escolhido foi do tipo Estrutural Módulo 14 (M14) de classe estrutural e atendimento a Classe C aos 28 dias conforme a NBR 6136 ⁽¹⁾. Em relação as cargas de ruptura todos os blocos atenderam ao valor mínimo da norma para a classe escolhida inicialmente, porém, os valores obtidos permitiram classificar todos os blocos como Classe B que é um bloco de concreto com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo, o que ilustra os benefícios quando da utilização combinada de areia de descarte de fundição e rejeitos de cascalho da extração de areia.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho foram caracterizados inicialmente em relação a sua composição através dos ensaios de MEV/EDS: cimento Portland CPV-ARI – Alta Resistência Inicial, Figura 1 (a); Agregado miúdo comum, areia média, Figura 1 (b); Agregado graúdo de rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA), Figura 1(c); Agregado miúdo de areia de descarte de fundição (ADF), Figura 1 (d).

Os agregados comuns e alternativos possuem grande quantidade do composto de silício (Si) combinado ao oxigênio resultando no dióxido de silício, sílica (SiO_2) – essencial para a hidratação do cimento e conseqüente aumento de resistência, quando em conjunto com o CaO, presente no cimento, na formação do composto C-S-H. Os agregados miúdos têm suas propriedades e características apresentadas na Tabela 1.

A partir destes dados foram determinados os traços de materiais constituintes para os blocos de concreto, conforme a Tabela 2. Os valores apresentados na Tabela 2 referem-se a capacidade do misturador mecânico para a moldagem de cerca de 21 blocos de concreto de 140 x 190 x 390 mm, bloco módulo M14. Todo o processo de mistura dos materiais, moldagem e vibração dos blocos foi realizado mecanicamente, sem nenhuma interferência humana e manual.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Figura 1. EDS Cimento Portland CPV-ARI (a), Areia comum (b), Rejeitos de cascalho da extração de areia (c), Areia de descarte de fundição (d).

Tabela 1. Propriedades agregados miúdos.

Ensaio	Agregado miúdo Areia média comum	Agregado miúdo Areia de fundição - ADF
Composição Mineralógica	Inócuos: quartzo, minerais máficos	Areia de quartzo fina, moldagem de peças de ferro
	Friáveis: fragmentos de rocha alterada	
Grau de Esfericidade	Alta	Alta
Grau de Arredondamento	Subarredondado	Arredondada
Superfície do Grão	Fosco	Fosco
Módulo de Finura	2,7	1,34
Dimensão Máxima (mm) – NBR 7211 ⁽⁸⁾	1,2	1,2
Massa Específica (g/cm ³) – NBR NM 52 ⁽⁹⁾	2,6	2,33
Massa Unitária (g/cm ³) - NBR NM 45 ⁽¹⁰⁾	1,48	1,52
Absorção de Água (%) - NBR NM 30 ⁽¹¹⁾	0,19	0,5
Torrões de Argila e Materiais Friáveis (%) - NBR 7218 ⁽¹²⁾	0	0
Teor de Material Passante na Peneira 75 µm (%) - NBR NM 46 ⁽¹³⁾	2,85	4,08

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Tabela 2. Quantidade de materiais (kg) para cada traço de bloco de concreto M14.

Traços	Cimento	Rejeito de cascalho (RCA)	Areia de fundição (ADF)	Areia Comum	Água
13% ADF	16,0	256,0	36,0	-	20,0
19% ADF	16,0	238,0	54,0	-	20,0
25% ADF	16,0	220,0	72,0	-	20,0
13% AC	16,0	256,0	-	36,0	20,0
19% AC	16,0	238,0	-	54,0	20,0
25% AC	16,0	220,0	-	72,0	20,0

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Todos os blocos foram mantidos ao abrigo do sol e intempéries durante todo o processo de cura do concreto até a data de ensaio. Nas primeiras 72 horas de cura os blocos permaneceram na câmara de cura, com condições favoráveis de saturação da umidade, sendo posteriormente armazenados em pallets no pátio da empresa. A Tabela 3 apresenta os teores, em porcentagem, da utilização combinada de areia de descarte de fundição (ADF) e rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA), e de areia comum e RCA, na produção de blocos de concreto M14.

Tabela 3. Porcentagem de combinação de agregados.

Traços	Rejeito de cascalho (RCA)	Areia de fundição (ADF)	Areia Comum
13% ADF	87	13	-
19% ADF	81	19	-
25% ADF	75	25	-
13% AC	87	-	13
19% AC	81	-	19
25% AC	75	-	25

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades Mecânicas e de Durabilidade

A norma brasileira para blocos de concretos, NBR 6136 ⁽¹⁾, define a idade de 28 dias como o parâmetro principal para a realização dos ensaios de resistência à compressão, análise dimensional e permeabilidade. Portanto, neste trabalho realizaram-se ensaios para as propriedades de resistência à compressão e análise dimensional para a idade normatizada.

Entretanto, em relação a moldagem dos blocos de concreto através de uma análise visual foi possível destacar que não há nenhuma diferença, a olho nu, para todos os blocos de concreto ensaiados.

Destaca-se também que o processo de moldagem e vibração foi similar aos blocos de concreto com materiais convencionais e que os mesmos atenderam as recomendações das normas quanto a ter arestas vivas e não apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção, não sendo realizado qualquer reparo para ocultar defeitos eventualmente existentes nos blocos.

Pela análise visual dos blocos também não é possível distinguir nenhuma diferença quanto ao acabamento e textura das paredes, cor do bloco. Antes de serem rompidos à compressão, todos os blocos de concretos, total de seis blocos de cada traço, passaram por verificação superficial e visual do seu aspecto. Os resultados constam na Tabela 4, onde verifica-se que nenhuma amostra apresentou não conformidade.

Tabela 4. Verificação superficial e visual.

Verificação	Número de não conformidades					
	13% ADF	19% ADF	25% ADF	13% AC	19% AC	25% AC
Trincas	0	0	0	0	0	0
Paralelismo entre as faces	0	0	0	0	0	0
Arestas vivas	0	0	0	0	0	0
Materiais Orgânicos	0	0	0	0	0	0

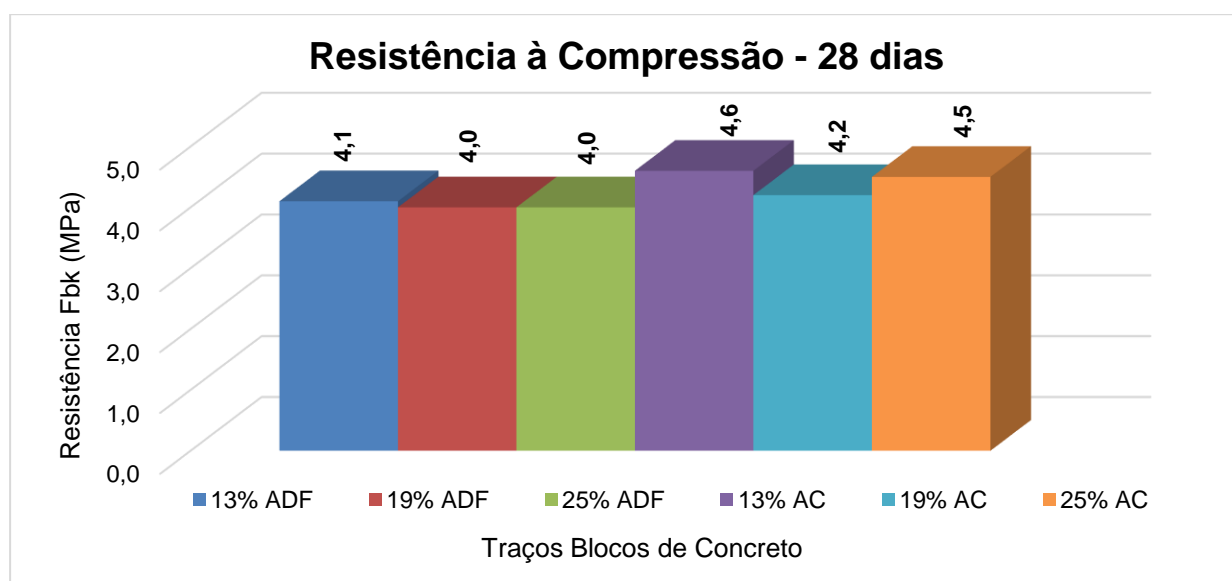
Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Para os ensaios de resistência à compressão e posterior classificação de acordo com a NBR 6163 ⁽¹⁾ não são considerados os valores de carga de ruptura e calculada uma simples média aritmética, é necessário aplicar a equação da NBR 15812-2 ⁽¹⁴⁾ que considera a resistência característica da amostra. A Tabela 5 e a Figura 2 apresentam os valores da resistência característica, Fbk, aos 28 dias para todos os blocos de concreto.

Tabela 5. Resistência característica à compressão, Fbk, aos 28 dias.

Traços	13% ADF	19% ADF	25% ADF	13% AC	19% AC	25% AC
Resistência 28 dias	4,1	4,0	4,0	4,6	4,2	4,5
Classificação NBR 6136 ⁽¹⁾	Classe B	Classe B	Classe B	Classe B	Classe B	Classe B

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Figura 2. Resistência característica à compressão, Fbk, aos 28 dias.

Todos os blocos de concreto apresentaram aos 28 dias resistência característica à compressão, Fbk, aos 28 dias igual ou superior a 4,0 MPa, o que permite classificar todos os blocos, independentemente, do teor de areia de descarte de fundição (ADF) em substituição a areia comum, como blocos de Classe B com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

3.2 Viabilidade Econômica

Os custos de produção dos blocos de concreto com areia de descarte (ADF) e com areia comum (AC) são apresentados na Tabela 6. Nestes custos não foram considerados os valores para a implantação de uma fábrica de blocos de concretos, como compra de máquinas e equipamentos, terreno e implantação de toda a infraestrutura para o funcionamento da empresa, e sim apenas os seus custos de produção.

Para a produção do bloco de concreto com ADF não foi considerado o custo da areia de descarte de fundição pois esta matéria-prima é repassada gratuitamente a empresa ArtBlocos.

A ADF não necessita de beneficiamento para ser incorporada ao processo de produção dos blocos. Nestas condições o bloco com ADF apresenta um lucro líquido

2,5% maior que o bloco com areia comum – correspondente à porcentagem da areia comum no custo final do bloco.

Assim, além do ganho ambiental com a utilização da ADF, há que se considerar também o ganho financeiro para a empresa que produz o bloco – no caso, a ArtBloco, que faz uso desta composição de matérias-primas em seus blocos de concreto.

Tabela 6. Custo de produção bloco de concreto com Areia de descarte de fundição (ADF) e areia comum (AC).

I - Custos Diretos e Indiretos		
I.I - Materiais	Porcentagem (ADF)	Porcentagem (AC)
Cimento	17,0	17,0
Agregado Graúdo - (RCA)	16,0	16,0
Agregado Miúdo - Areia de Fundição (ADF)	0,0	-
Agregado Miúdo - Areia Comum (AC)	-	2,5
Água	1,0	1,0
Subtotal	34,0	36,5
I.II - Mão-de-obra		
Mão-de-obra	18,0	18,0
Subtotal	18,0	18,0
I.III - Despesas Indiretas de fabricação		
Energia	5,0	5,0
Manutenção	15,0	15,0
Subtotal	20,0	20,0
Subtotal I - Despesas Diretas	72,0	74,5
II - Despesas Administrativas		
Administração / Financeiro	18,0	18,0
III - Lucro		
Lucro Líquido	10,0	7,5
Total Geral	100,0	100,0

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

4 CONCLUSÃO

Qualquer que seja a metodologia de aplicação de um resíduo ou de um material alternativo na construção civil já é uma atitude que merece a atenção de estudos e que deve ser incentivada. Quando se consegue integrar ao processo de produção um composto de materiais alternativos provenientes de resíduos que seriam descartados, o ganho maior é convertido para a sociedade, para o meio ambiente e para as indústrias envolvidas no processo, tanto as que incorporam os resíduos em seus produtos como as próprias emissoras desses resíduos.

A confecção de blocos de concretos com agregados formados por uma mistura de rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA) e areia de descarte de fundição (ADF), atingiu o objetivo inicial deste trabalho que seria a elaboração de blocos de concreto com fins estruturais.

Os rejeitos de cascalho da extração de areia constituem um material descartado nos portos de areia, de grandes dimensões (superiores a 25 mm), formato esférico, e textura lisa. Para as empresas extrativistas não é interessante o seu beneficiamento, mas quando moídos, estes podem adquirir granulometria e formato similares aos da brita comum, permitindo sua utilização.

A areia de descarte de fundição é um resíduo de difícil descarte, devido ao grande volume de produção e a ocorrência em poucas regiões. Porém, o seu uso na construção civil é viável devido a grande porcentagem de sílica em sua constituição.

Como se sabe, a sílica possui propriedades pozolânicas benéficas para concretos, argamassas e seus subprodutos.

Todos os traços de blocos de concreto, combinando RCA e ADF, e RCA e areia comum (AC), atenderam a NBR 6136 ⁽¹⁾ quanto à análise dimensional, pois as paredes longitudinais e transversais possuem espessura igual ou superior a 18 mm, e à resistência característica à compressão especificada inicial, que seria para a produção de um bloco com função estrutural, isto é, resistência F_{bk} superior a 3,0 MPa.

De acordo com os valores obtidos, todos os blocos de concreto foram classificados com função estrutural e utilização em elementos de alvenaria acima do nível do solo, pertencendo a Classe B, conforme a NBR 6163 ⁽¹⁾.

A economia gerada pelos blocos de concreto com areia de descarte de fundição é significativa, pois a ADF é um material repassado gratuitamente pela indústria metalúrgica para a empresa ArtBlocos, e por isso não há o incremento deste agregado ao custo do bloco, permitindo um aumento de 2,5% do lucro do bloco com ADF em comparação ao bloco com areia comum.

Por ser um trabalho pioneiro na combinação conjunta de rejeito de cascalho da extração de areia e areia de descarte de fundição em blocos de concreto, recomenda-se que se façam novos estudos em relação a outros teores de porcentagem destes agregados, em atendimento às curvas granulométricas de Besser, para que os blocos obtenham uma maior resistência e conseqüente melhor classe, reutilizando estes materiais.

O processo apresentado neste trabalho e empregado há mais de quatro anos pela empresa ArtBlocos já produziu mais de 5.000.000 de blocos de concreto com ADF e RCA e reciclou mais de 10.500 toneladas de ADF. Tais números constituem um legado para próximas pesquisas visando a utilização de ADF não apenas em blocos de concretos, mas em concretos e argamassas também. Estes resíduos devem se somar a outros materiais alternativos beneficiando não apenas o setor da construção civil, mas toda a cadeia produtiva, pois há a utilização de resíduos antes descartados e principalmente a diminuição da poluição com a extração de materiais da natureza e seu beneficiamento industrial.

REFERÊNCIAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
- 2 CAMPOS, M. A. Isoladores elétricos de porcelana na construção civil: Propriedades, pesquisa e aplicação. Novas Edições Acadêmicas, 2018.
- 3 BUTTLER, A. M. Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural. Tese (Doutorado). Escolha de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos. São Carlos, 2007.
- 4 PRADO, D. M. Propriedades físicas e mecânicas de blocos estruturais produzidos com agregados reciclados de concreto. Dissertação (Mestrado). Escolha de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos. São Carlos, 2006.
- 5 FONSECA, F. B. Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados reciclados de rejeitos da construção e demolição. Dissertação (Mestrado). Escolha de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos. São Carlos, 2002.

- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO – ABIFA. Indústria da Fundição: Expectativa de Mercado. Abril de 2018.
- 7 CHEGATTI, S. Areias Descartadas de Fundição. Contexto, Gerenciamento e Impacto. Editora Appris, 2016.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7211 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2009.
- 9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 52 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- 10 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- 11 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 30 - Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
- 12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7218 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010.
- 13 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 46 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.
- 14 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15812-2 - Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos, Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2003.