

# **ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE CONCRETOS COM AREIA DE FUNDIÇÃO E CINZA DE CASCA DE ARROZ**

## *STUDY OF RESISTANCE OF CONCRETE WITH SAND OF FOUNDATION AND GRAY OF RICE BARK*

**SANTOS, Cristiane Carine dos.**

Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria - RS.

[cristianecdossantos@hotmail.com](mailto:cristianecdossantos@hotmail.com)

**LOPES, Diorges Carlos.**

Professor Mestre, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

[diorges.lopes@unijui.edu.br](mailto:diorges.lopes@unijui.edu.br)

### **RESUMO**

Os cuidados e as preocupações relacionados ao meio ambiente tornam-se cada vez mais intensos, sendo necessário encontrar alternativas que ajudem a minimizar os impactos que são continuamente causados. Através de pesquisas, surgiram alternativas de reutilizar resíduos que podem aumentar a resistência do concreto e contribuir para a sustentabilidade, ao invés de serem descartados inadequadamente. Como no Rio Grande do Sul e demais estados do Brasil, a produção de arroz é intensa, gera-se um grande volume de resíduos, resultantes das atividades de processamento e beneficiamento, identificados como cinza de casca de arroz. Quando esses resíduos não são descartados de forma correta, causam sérios problemas ambientais e a saúde das pessoas. Levando a busca por pesquisas sobre a possibilidade de substituição destes resíduos como materiais de construção civil, que além de gerar benefícios ecológicos e econômicos, também podem melhorar algumas propriedades do concreto. Assim como a cinza de casca de arroz, existem inúmeros resíduos que podem ser reutilizados como substituição de materiais que compõe o concreto, entre eles a areia de fundição, que é um resíduo gerado pelas indústrias de fundição. A areia serve como molde para as peças metálicas, sendo utilizada em todos os processos de fundição e responsável por dar forma ao metal. Depois de passar por vários processos, esta areia deve ser descartada e substituída por areia nova. Como não é mais possível a sua reutilização, a mesma deve ser destinada a um aterro industrial, que requer cuidados e monitoramentos, caso contrário gera sérios problemas a indústria responsável e ao meio ambiente. Levando em consideração esses aspectos, a presente pesquisa buscou substituir parcialmente o cimento pela cinza de casca de arroz e a areia natural por areia de fundição em concretos, a fim de melhorar as propriedades do concreto, o custo da produção, e principalmente diminuir os impactos ambientais. A partir das substituições desses resíduos, que foram realizadas pela dosagem do concreto pelo Método da ABCP, conseguiu-se analisar a influência proporcionada ao concreto pelas substituições de 5%, 10%, 15% e 20% de cada um dos resíduos em misturas separadas e, em uma única mistura. Também se avaliou a resistência à compressão axial aos 7, 14, 21 e 28 dias e a resistência à tração aos 28 dias de idade do concreto. Com a obtenção dos resultados constatou-se que os traços com somente areia de fundição tiveram um aumento de resistência, e os traços moldados com apenas cinza de casca de arroz e com os dois resíduos juntos

mantiveram-se próximos do traço referência, porém um pouco inferiores. Mesmo assim, pode-se afirmar que é viável a reutilização desses resíduos na construção civil, pois além de melhorar as propriedades do concreto, também contribuem para a diminuição do consumo das matérias primas, auxiliando na preservação ambiental. O propósito deste trabalho é apresentar um estudo numérico sobre a influência da largura da mesa da viga de seção I na resistência da ligação com o pilar tubular de seção circular – razão entre essas duas propriedades geométricas denominado  $\beta$  pela norma brasileira NBR 16239:2013 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares. Os resultados obtidos demonstram a proporcionalidade do aumento da rigidez e da resistência da ligação com o aumento da largura da mesa da viga, além da mudança do modo de falha, alterando de flambagem na face do pilar para tensão máxima resistente do seu aço. Ao comparar a resistência máxima obtidos pela equação da norma brasileira com os resultados numéricos, é verificado correlação entre os valores, o que atesta a aplicabilidade da NBR 16239:2013.

**Palavras chave:** Resíduos. Adições minerais. Areias residuais.

## ABSTRACT

Environmental care and concerns are becoming more intense, and alternatives need to be found to help minimize the impacts that are continually being caused. Through research, alternatives have emerged to reuse wastes that can increase concrete's strength and contribute to sustainability, rather than being disposed of inappropriately. As in Rio Grande do Sul and other states in Brazil, rice production is intense, resulting in a large volume of residues resulting from processing and processing activities, identified as rice husk ash. When these wastes are not disposed of correctly, they cause serious environmental problems and people's health. Taking the search for research on the possibility of replacing these wastes as building materials, which in addition to generating ecological and economic benefits, may also improve some concrete properties. Like rice husk ash, there are numerous residues that can be reused as replacement of materials that make up the concrete, including sand casting, which is a waste generated by the foundry industries. The sand serves as a mold for metal parts and is used in all casting processes and responsible for shaping the metal. After passing through several processes, this sand should be discarded and replaced with new sand. As it is no longer possible to reuse it, it should be destined to an industrial landfill, which requires care and monitoring, otherwise it causes serious problems for the industry responsible and for the environment. Taking into account these aspects, the present research sought to partially replace cement by rice husk ash and natural sand by casting sand in concrete, in order to improve concrete properties, cost of production, and especially to reduce impacts environmental. From the substitutions of these residues, which were carried out by the dosing of the concrete by the ABCP Method, the influence given to the concrete by the 5%, 10%, 15% and 20% substitutions of each of the residues in separate mixtures and in a single blend. The axial compressive strength at 7, 14, 21 and 28 days and the tensile strength at 28 days of the concrete were also evaluated. With the results obtained it was verified that the traces with only smelting sand had an increase of resistance, and the traces molded with only rice husk ash and with the two residues together remained close to the reference trace, but a little lower. Even so, it can be said that it is feasible to reuse these wastes in civil construction, because in addition to improving the properties of concrete, they also contribute to the reduction of the consumption of raw materials, helping in the environmental preservation.

**Keywords:** Waste. Mineral Additions. Waste sands.

## 1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais os cuidados com o meio ambiente devem ser intensificados, sendo que uma das alternativas que vem trazendo grande contribuição é a utilização de resíduos que podem melhorar as propriedades do concreto e conseqüentemente auxiliar em relação à sustentabilidade, ao invés de serem descartados de forma inadequada.

No estado do Rio Grande do Sul, a economia está fortemente acoplada às atividades desenvolvidas na agricultura. Entre elas a produção de grande volume de arroz, o que acaba gerando uma enorme quantidade de resíduos sólidos derivados das atividades de processamento e beneficiamento, identificados como casca de arroz e cinzas resultantes dessa casca. Entretanto esses resíduos são classificados como grandes responsáveis pela poluição e contaminação, e quando não gerenciados e destinados adequadamente causam sérios impactos ao meio ambiente e a saúde das pessoas (IRGA, 2013).

Devido às conseqüências geradas pelo grande número de resíduos sólidos, surgiram vários estudos sobre a reutilização dos mesmos no concreto, sendo que a viabilidade da substituição parcial da cinza de casca de arroz (CCA) em concretos já foi comprovada, através de resultados satisfatórios como: aumento da resistência à compressão, maior durabilidade do concreto e economia de cimento. Nesse contexto a utilização da CCA torna-se uma das soluções para o problema ambiental ocasionado pela deposição desse resíduo, reduzindo as áreas necessárias para descarte agroindustrial e minimizando os riscos de poluição ao meio ambiente (POUEY, 2006).

Outros resíduos sólidos que também causam preocupações relacionam-se as indústrias de fundição. Resíduos que são constituídos principalmente pelas chamadas areias residuais ou areias de fundição. Quando as areias no processo de fundição tornam-se inutilizáveis, os resíduos devem ser descartados e depositados em aterros, seguindo todas as normas estabelecidas pelas licenças da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). Esses aterros requerem muitos cuidados e monitoramentos, caso contrário geram inúmeros problemas ambientais, por causa do grande volume de resíduos e principalmente em relação ao custo das empresas com manutenção e construção de novas valas. Como solução para o grande volume dessas areias, torna-se necessário um gerenciamento adequado visando alternativas de reutilização.

No entanto, entre os diversos estudos e também com os avanços tecnológicos, percebemos que a área da construção civil tem a capacidade de proporcionar uma solução

para os descartes de resíduos gerados nesse âmbito, tanto cinza de casca de arroz como areias de fundição, com a possibilidade de incluí-los na área da construção civil, como materiais de construção. E assim, tornando possível a redução do custo dos produtos e principalmente a diminuição da emissão de resíduos ao meio ambiente.

### **1.1. OBJETIVOS**

Analisar a viabilidade de utilização de resíduos de cinza de casca de arroz e areia de fundição em concretos, em misturas separadas e com os dois resíduos na mesma mistura. Tentando assim, proporcionar uma solução técnica e economicamente viável por meio da reutilização desses resíduos.

## **2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

### **2.1. ADIÇÕES MINERAIS**

Com o intuito de reduzir o impacto ambiental global por meio da redução das emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), há uma crescente busca por adições minerais, pois além de diminuir os custos quando incorporadas ao cimento Portland, também melhoram as propriedades do concreto e contribuem para a sustentabilidade. Entre as adições minerais mais estudadas e utilizadas destaca-se a cinza de casca de arroz, que é caracterizada como um subproduto agroindustrial, proveniente da queima da casca de arroz, podendo ser por meio da queima a céu aberto (sem controle de temperatura), pela combustão controlada ou ainda em fornos industriais.

Um dos fatores que contribuem para a crescente utilização da CCA é a grande quantidade que se produz no Brasil, principalmente no estado do Rio Grande do Sul. Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (2016) a produção de arroz é a terceira maior do país, com 5,3% da produção total dos produtos cultivados, ficando atrás apenas da produção de soja e milho.

Portanto, a utilização desta pozolana é de grande interesse entre os pesquisadores, devido às características apresentadas e também através de estudos que comprovam a sua eficácia em relação às propriedades do concreto.

### **2.2. AREIA DE FUNDIÇÃO**

Um dos subprodutos da indústria de fundição é a areia de fundição de materiais

ferrosos e não ferrosos. A areia de sílica é utilizada na confecção de moldes, machos e núcleos para a fabricação de peças de metal, sendo reciclada e reutilizada inúmeras vezes no decorrer dos processos. Quando a areia estiver em um estágio inservível para o processo de fundição, ela passa a ser descartada e denominada “areia de fundição” (SIDDIQUE; SINGH, 2011).

Segundo a NBR 10004 (2004), a areia de fundição, que é utilizada para confecção de moldes de peças metálicas, é classificada como resíduo não perigoso, porém, dependendo de cada situação ou processo, pode apresentar alguns poluentes, como: metais (ferro, alumínio, níquel, cromo, chumbo, zinco, etc.) e resinas fenólicas, que podem afetar o ambiente quando destinado ou manuseado de forma inadequada.

Um dos grandes problemas que as fundidoras enfrentam, está relacionado com o descarte final dessas areias, pois sendo destinadas aos aterros, elas acabam se misturando com outros resíduos que são geralmente contaminantes, gerando riscos as empresas de fundição, responsabilizadas pelos danos ambientais causados.

Inúmeros estudos comprovam a eficiência de concretos com substituições parciais de areia natural por areia de fundição, pois como ela apresenta grãos mais finos que a areia natural, preenche melhor os vazios do concreto, contribuindo para a melhor hidratação e aumento da resistência do mesmo. Além de melhorar as propriedades do concreto contribuem para diminuição da poluição relacionada ao seu descarte inadequado e preservação de recursos naturais.

### **3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

Primeiramente realizaram-se pesquisas para o melhor entendimento do assunto em questão. A segunda etapa baseou-se na aquisição dos materiais, como: areia média, areia de fundição, cimento, cinza de casca de arroz e brita 1. Depois da preparação desses materiais executou-se a caracterização dos mesmos, sendo um dos principais procedimentos para a obtenção do traço de dosagem do concreto.

Foram estudados diferentes traços de dosagem, entre eles o traço referência, sem substituição de resíduos, e os traços com diferentes porcentagens de substituição parcial, do cimento por cinza da casca de arroz e de areia natural por areia de fundição, em misturas separadas e também em uma única mistura de concreto. A partir dos resultados obtidos analisou-se a resistência à compressão axial e a resistência à tração por compressão diametral do concreto, obtendo-se conclusões a respeito da substituição desses resíduos ao concreto.

### 3.1. MATERIAIS UTILIZADOS

#### 3.1.1 Cimento

O tipo de cimento utilizado foi o CP II-E-32, por ser um cimento sem adição pozolânica em sua composição e também por ser possível o seu uso em diversos tipos e etapas de obras.

Na Tabela 1 está representada a composição químicas do cimento, e as características física podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 1 - Composição química do cimento CP II-E-32

COMPONENTES QUÍMICOS	FAIXA DE CONCENTRAÇÃO
Silicato Tritacálcio (C3S)	20-70
Silicato Dicalcico (Ca2Si)	10-60
Ferro-aluminato de Cálcio (C4AFe)	5-15
Sulfato de Cálcio (CaSO4)	2-8
Alumitano Tritacálcio (C3A)	1-15
Carbonato de Cálcio (CaCO3)	0-10
Óxido de Magnésio (MgO)	0-6
Óxido de Cálcio	0-3

Fonte: InterCement, 2015.

Tabela 2 - Características físicas do cimento CP II-E-32

PROPRIEDADE	RESULTADO
Finura # 0,075 (%) – (NBR 11579)	0,44
Tempo de pega (hs) – (NBR NM 65)	04:46
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> ) – (NBR NM 23)	3,035

Fonte: Autor, 2017.

#### 3.1.2 Cinza de casca de arroz

A cinza de casca de arroz, um dos resíduos substituído no concreto, foi adquirida na Indústria Cereais Passo da cidade de Itaqui-RS, identificada como “ Micro sílica MS – 325”. Na Tabela 3 pode ser observada a caracterização física deste material.

Tabela 3- Características da microssílica da cinza de casca de arroz

PROPRIEDADE	RESULTADO
Finura # 0,075 (%) – (NBR 11579)	0,28
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> ) – (NBR NM 23)	1,84

Fonte: Autor, 2017

### 3.1.3 Areia média (natural)

A areia média utilizada foi proveniente de rio. Na Tabela 4 estão representadas as suas características físicas.

Tabela 4: Características físicas – Areia Média Natural

PROPRIEDADE	RESULTADO
Diâmetro máx. (mm) (NBR NM 248)	1,2
Módulo de Finura – (NBR NM 248)	1,9
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> ) – (NBR NM 9776)	2,60
Massa Unitária Solta(kg/cm <sup>3</sup> ) – (NBR NM 45)	1,53

Fonte: Autor, 2017

### 3.1.4 Areia de fundição

A areia de fundição utilizada foi doada pela Empresa FUNDIMISA do município de Santo Ângelo – RS. Para os ensaios de caracterização desse material foram utilizadas as mesmas normas da areia média (natural), em que os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Características físicas – Areia de Fundição

PROPRIEDADE	RESULTADO
Diâmetro máx. (mm) (NBR NM 248)	0,6
Módulo de Finura – (NBR NM 248)	1,16
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> ) – (NBR NM 9776)	2,43
Massa Unitária Solta(kg/cm <sup>3</sup> ) – (NBR NM 45)	1,33

Fonte: Autor, 2017

### 3.1.5 Brita 1

Como agregado graúdo utilizou-se a brita 1, em que as características deste material estão dispostas na Tabela 6.

Tabela 6: Características físicas – Brita 1

PROPRIEDADE	RESULTADO
Diâmetro máx. (mm) (NBR NM 248)	19
Módulo de Finura – (NBR NM 248)	6,75
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> ) – (NBR NM 9776)	2,93
Absorção (%) – (NBR NM 53)	1,24
Massa Unitária Compac. (kg/dm <sup>3</sup> ) – (NBR NM 45)	1,69

Fonte: Autor, 2017

### 3.1.6 Água

Para a moldagem dos corpos de prova utilizou-se água potável proveniente da rede de abastecimento da Universidade Federal de Santa Maria.

#### **4. MÉTODO DE DOSAGEM E MISTURAS**

Uma das principais etapas, e que requer muita atenção é o processo de dosagem, sendo uma atividade de extrema importância, porque além de estabelecer as quantidades de cada material constituinte do concreto, também influencia nas características responsáveis por alcançar um bom desempenho no produto final, relacionadas à qualidade e a economia.

Depois de finalizados os ensaios de caracterização dos materiais constituintes do concreto, foi possível calcular o traço de referência e executar as moldagens. Para a realização desta pesquisa utilizou-se o Método de Dosagem da ABCP, que é um método baseado em tabelas, sendo calculado de maneira simples e desenvolvido os passos para obterem-se as devidas proporções dos materiais.

Estabeleceu-se um abatimento de tronco de cone de 80 a 100 mm, sendo que para obter um determinado abatimento, a quantidade de água depende do tamanho máximo, da forma, da textura e da granulometria do agregado graúdo e miúdo.

Depois de calculados os traços, estabeleceu-se a quantidade de material necessária para a moldagem de 10 corpos de prova por traço, sendo 8 deles utilizados para obter a resistência à compressão nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias, 2 corpos de prova para cada idade, e 2 corpos de prova para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral, rompidos aos 28 dias de idade.

Após a determinação do traço referência, foram moldados os corpos de prova com, 5%, 10%, 15% e 20% de substituição parcial do cimento pela microssílica da cinza de casca de arroz e substituição parcial da areia natural pela areia de fundição, primeiro em misturas separadas e em seguida os dois resíduos em uma mesma mistura.

#### **5. ENSAIOS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**

##### **5.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL**

A avaliação da resistência à compressão axial do concreto foi realizada com corpos de prova cilíndricos de dimensões 10x20 cm. Por meio de uma prensa normatizada determinou-se a resistência do concreto nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias a partir das datas de moldagem dos corpos de prova. Os procedimentos foram realizados conforme a NBR 5739 (2007), sendo que o corpo de prova deveria ser centrado na prensa, de maneira que o seu eixo ficasse alinhado com o da prensa, para que a resultante das

forças passasse pelo centro.

## 5.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

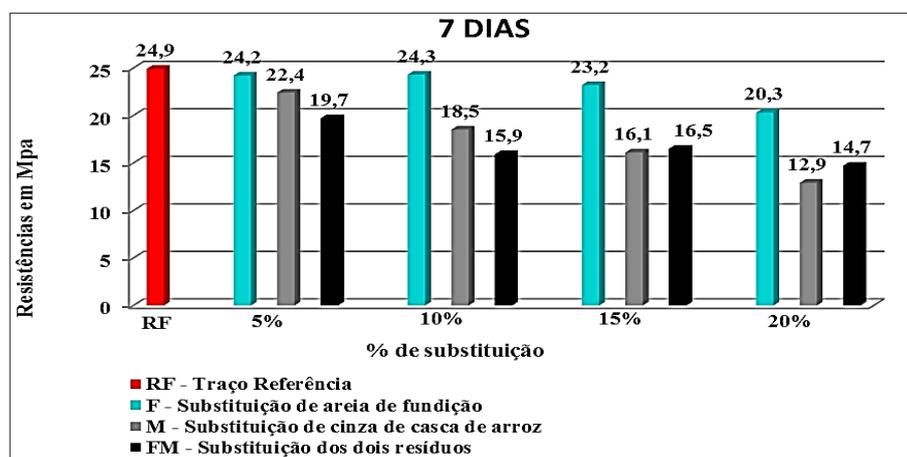
A análise da resistência à tração por compressão diametral ocorreu por meio de dois corpos de prova cilíndricos para cada traço, de dimensões 10x20 cm, após 28 dias da data de moldagem. O corpo de prova foi posicionado em repouso ao longo de uma geratriz, sobre o prato da máquina de compressão, conforme descrito pela NBR 7222 (2011). A carga foi aplicada continuamente, sem choque, com crescimento constante da tensão de tração, a uma velocidade de  $0,05 \pm 0,02$  MPa/s até a ruptura do corpo-de-prova.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Elaborou-se o Gráfico 1 com todos os traços e suas resistências obtidas aos 7 dias de idade do concreto, como pode ser analisado a seguir. Podemos perceber que a maior resistência foi atingida pelo traço sem substituição de resíduos (RF), chegando aos 24,9 Mpa de resistência à compressão. E que os demais traços em que se substituiu areia natural pela areia de fundição (F) atingiram resistências maiores que os traços em que foram substituídos o cimento pela cinza da casca de arroz (M). Já os traços com a substituição da areia natural pela areia de fundição e do cimento pela cinza da casca de arroz (FM) atingiram resistências menores que os traços moldados somente com a substituição de um dos resíduos, exceto os traços FM15 e FM20, que resultaram em 16,5 MPa e 14,7 MPa respectivamente.

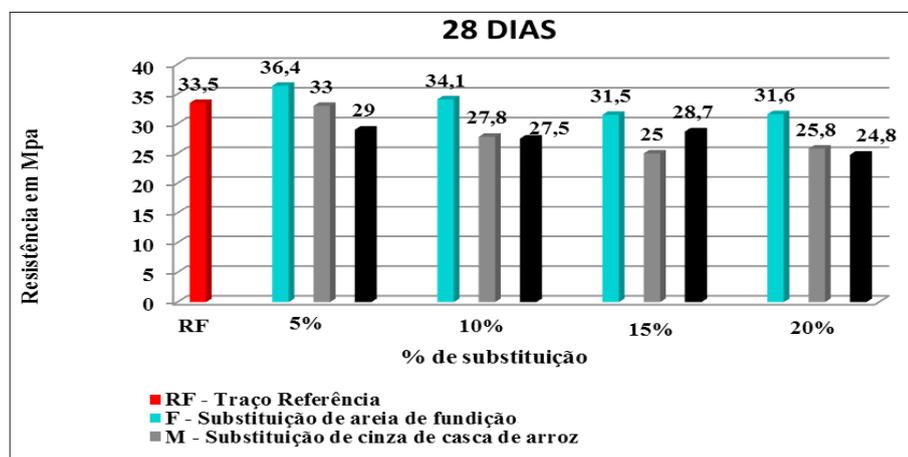
Gráfico 1 - Resistência à Compressão do concreto dos três tipos de misturas aos 7 dias de idade



Fonte: Autor, 2017.

Através do Gráfico 2, apresentado a seguir, podemos verificar que todos os traços obtiveram resistência à compressão menor que o traço referência (RF), que atingiu 33,5 Mpa aos 28 dias de idade do concreto, exceto os traços F5 e F10, que atingiram 36,4 Mpa e 34,1 Mpa, respectivamente. Nos demais traços com cinza de casca de arroz (M) e com os dois resíduos na mesma mistura (FM), pode-se perceber que os resultados ficaram próximos e que todos os traços com apenas cinza de casca de arroz resultaram em resistência à compressão superior aos traços com os dois resíduos misturados, exceto o traço FM15 que resultou em 28,7 Mpa, sendo 3,7Mpa maior que o traço M15.

Gráfico 2 - Resistência à Compressão do concreto dos três tipos de misturas aos 28 dias de idade



Fonte: Autor, 2017.

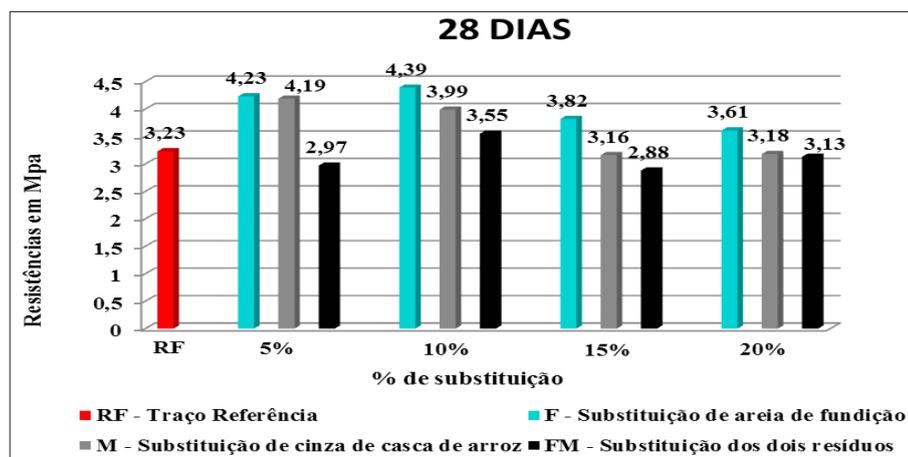
Ao analisar o Gráfico 2, percebemos que as resistências à compressão do concreto variaram bastante, sendo que o aumento de resistência com a substituição da areia natural por areia de fundição pode ser explicada pela sua composição granulométrica, sendo que se obteve para o módulo de finura da areia natural 1,9 e o módulo de finura da areia de fundição 1,16, dessa maneira a areia de fundição preencheu melhor os vazios do concreto e ocorreu uma melhor hidratação, aumentando assim a resistência.

## 6.2. RESISTÊNCIAS À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL DO CONCRETO

Através dos resultados ilustrados no Gráfico 3 pode-se perceber que o traço referência (RF) atingiu 3,23 MPa de resistência à tração por compressão diametral, valor inferior à

maioria dos resultados encontrados nas misturas com substituição dos resíduos. Todos os traços moldados apenas com a substituição da areia natural pela areia de fundição (F) obtiveram resistências maiores que o traço referência (RF), em que a maior resistência alcançada foi de 4,39Mpa, obtida pelo traço com substituição de 10% de areia natural por areia de fundição (F10). A resistência resultante dos traços moldados somente com a substituição do cimento pela cinza da casca de arroz atingiram valores próximos dos traços com apenas areia de fundição, mas inferiores que os mesmos, sendo que o traço que mais se aproximou foi o M5, atingindo 4,19Mpa de resistência. Já os traços em que foram substituídos os dois resíduos, obtiveram-se resistências menores que os traços moldados com a substituição de apenas um deles, em que a menor resistência encontrada ocorreu com o traço FM15, com resistência de 2,88Mpa e a maior resistência atingida foi pelo traço FM10, com 3,55Mpa

Gráfico 3 - Resistência à tração por compressão diametral do concreto dos três tipos de misturas aos 28 dias de idade



Fonte: Autor, 2017

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das diferentes propriedades do concreto ocorreu por meio dos seguintes tópicos:

### 7.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Através da substituição parcial da areia natural pela areia de fundição, analisadas em todos os teores de substituições, 5%, 10%, 15% e 20% e nas diferentes idades do concreto, pode-se perceber que os traços moldados sem a adição deste resíduo resultaram em

resistências superiores em quase todas as idades. Mas na idade de 21 dias do concreto a substituição de 10% resultou em resistência maior que o traço referência, sendo que as demais substituições mantiveram-se com resultados próximos, porém inferiores. Já aos 28 dias de idade do concreto, as substituições de 5% e 10% obtiveram resultados superiores ao traço referência. Mesmo com o aumento da porcentagem de substituição da areia natural pela areia de fundição, os traços obtiveram resistências próximas do traço referência.

Com a substituição do cimento pela cinza da casca de arroz, percebeu-se que todos os traços moldados com as diferentes porcentagens de substituições resultaram em resistências inferiores ao traço referência, moldado sem a adição de resíduos, sendo que quanto maior a porcentagem de substituição, menor foi a resistência encontrada. Já na idade de 28 dias, com um tempo maior de cura do concreto, os resultados obtidos foram bastante próximos do traço referência.

Nos traços moldados com os dois resíduos na mesma mistura, areia de fundição e cinza de casca de arroz, nas substituições de 5%, 10%, 15% e 20% e nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias do concreto, os resultados encontrados foram inferiores ao traço referência, porém com um tempo maior de cura, aos 21 e 28 dias de idade do concreto os resultados conseguiram chegar a valores mais próximos do traço referência.

Entretanto, pode-se concluir que a adição desses resíduos ao concreto é viável e pode ser reconhecida pelo mercado da construção civil, pois muitos traços superam a resistência obtida pelo traço sem adição de resíduos. E além de aumentar a resistência, melhorando as propriedades do concreto, também diminuem o consumo de matérias primas, e conseqüentemente contribui para a minimização do impacto ambiental.

## **7.2. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL**

Os traços de concreto que foram substituídos apenas a areia natural por areia de fundição, obtiveram resultados bastante satisfatórios, pois todos os traços resultaram em resistências superiores ao traço referência.

No momento em que se substituiu somente o cimento pela cinza da casca de arroz, os resultados obtidos mantiveram-se próximos ao traço referência, sendo que as substituições de 5% e 10% alcançaram valores superiores ao traço referência, e os demais traços obtiveram resultados próximos, porém inferiores.

Quando se substituiu os dois resíduos na mesma mistura, areia de fundição e a microssílica da cinza de casca de arroz, todos os resultados obtidos foram inferiores ao traço

referência, moldado sem adição de resíduos, exceto o traço com 10% de substituição. Com a realização desses ensaios percebeu-se que alguns traços variaram bastante, o que pode ter sido causado por erros durante a execução do ensaio. Mesmo assim, percebe-se que a introdução desses resíduos ao concreto é viável, sendo uma ótima alternativa de reutilização e que contribui para o melhoramento das propriedades do concreto.

No entanto, vale frisar que, para esses traços de concreto serem produzidos em grande escala, necessitam de maiores estudos, principalmente em relação à composição química dos resíduos, e também sobre a microestrutura do concreto, que talvez consiga esclarecer melhor os resultados obtidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10004: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 11579: **Cimento Portland – determinação da finura por meio da peneira 200**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. NM 23: **Cimento Portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 1998. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. NM 65: **Cimento Portland - determinação do tempo de pega**. Rio de Janeiro, 2002. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. NM 248: **Agregados - determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2001. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. 9776: **Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 2003. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. NM 45: **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. 2006. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. NM 53: **Agregado graúdo - determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro. 2002; 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. NM 67: **Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. 5738: **Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. 5739: **Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. 7222: **Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. 2011. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR. 12653: **Materiais pozolânicos – Especificação**. 2015. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p.

IRGA. Instituto Riograndense do Arroz. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, 2 jul. 2012. Disponível em:<[www.fepagro.rs.gov.br/.../20120702100451revista\\_pag\\_v17\\_n1\\_on](http://www.fepagro.rs.gov.br/.../20120702100451revista_pag_v17_n1_on)>. Acesso em: 20 agosto 2015.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BRRS, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Relatório sobre a geração de resíduos sólidos industriais no estado do Rio Grande do Sul**, Rio Grande do Sul, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABATECIMENTO (CONAB). Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>>. Acesso em: 22 de agosto de 2016.

SIDDIQUE, R.; SINGH, G. **Utilization of waste foundry sand (WFS) in concretemanufacturing. Resources, Conservation and Recycling**, Volume 55, Issue 11, September 2011, Pages 885-892, ISSN 0921-3449.