



PRPG | Pró-Reitoria de Pós-Graduação  
PIBIC/CNPq/UFPG-2009

## **INFLUÊNCIA DA CINZA DA CASCA DE ARROZ NO DESEMPENHO MECÂNICO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO**

**Dário de Medeiros Morais<sup>1</sup>, Izabelle Marie Trindade Bezerra<sup>2</sup>, Franklin Ferreira Nóbrega<sup>3</sup>, Jozilene de Souza<sup>4</sup> & João Batista Queiroz de Carvalho<sup>5</sup>**

### **RESUMO**

O Brasil está atualmente entre os dez maiores produtores mundiais de arroz. O beneficiamento do grão gera grande quantidade de resíduos, provocando problemas ambientais devido ao mau armazenamento desse produto no meio ambiente. Este trabalho foi desenvolvido objetivando avaliar o desempenho mecânico de argamassas com percentuais de cinza de casca de arroz como substituto de parte do aglomerante. Testes de laboratório foram conduzidos para caracterizar fisicamente, quimicamente e mineralogicamente a matéria-prima alternativa. Para avaliar o desempenho dessas argamassas, foram confeccionados corpos de provas de argamassas convencionais e alternativas nos traços 1:4 e 1:6 incorporados com teores de 3%, 6% e 9% de cinza da casca de arroz em substituição ao aglomerante com períodos de cura de 28, 63, 91, 180 e 360 dias. As propriedades físico-mecânicas determinadas foram: absorção de água, densidade aparente, resistência mecânica e perda de massa. Os resultados dos ensaios de caracterização das matérias-primas convencionais (cimento e agregado miúdo) e alternativos (cinza de casca de arroz) encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pelas normas da ABNT, indicando superfície específica e índice de finura da cinza de casca de arroz bem superior a do cimento empregado. Os resultados evidenciaram que a cinza de casca de arroz é predominantemente amorfa e tem alto poder pozolânico de acordo com as especificações da ABNT, possibilitando seu uso em concretos e argamassas pelas suas características de grande finura. Em relação ao comportamento mecânico, os resultados mostraram as argamassas alternativas que contém em sua constituição cinza de casca de arroz apresentaram valores superiores aos das argamassas convencionais. Contudo pode-se considerar este material tecnicamente viável, uma vez que não apresentou resultados inferiores aos esperados, sendo também uma forma ecologicamente correta de utilizar este resíduo.

**Palavras-chave:** Argamassa, cinza e casca de arroz, arroz.

## **INFLUENCE OF WILD RICE IN THE SHELL OF MECHANICAL PERFORMANCE OF MORTAR TO BUILD**

### **ABSTRACT**

The improvement of grain generates large amounts of waste, causing environmental problems due to bad storage of the product in the environment. This study was conducted to evaluate the mechanical performance of mortars with percentage of ash of rice hulls as a replacement of part of the binding agent. Laboratory tests were conducted to characterize physically, chemically and mineralogical the raw material alternative. To evaluate the performance of these mortars were made bodies of evidence in alternative and conventional mortar 1:4 and 1:6 lines embedded with levels of 3%, 6% and 9% ash of rice hulls to replace

<sup>1</sup> Aluno de Curso de Engenharia Civil, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: [eng.dariomorais@hotmail.com](mailto:eng.dariomorais@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenheira Civil, Mestrando em Construções Rurais e Ambiente, Departamento de Engenharia Civil, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: [izabelle\\_marie@yahoo.com.br](mailto:izabelle_marie@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Engenheiro Civil, Engenheiro Trainer da Santa Bárbara S/A, Maceió, AL, e-mail: [franklinufcg@hotmail.com](mailto:franklinufcg@hotmail.com)

<sup>4</sup> Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Doutora em Engenharia de Processos pela UFPG

<sup>5</sup> Professor titular, Ph.D, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: [jbqc@bol.com.br](mailto:jbqc@bol.com.br)

the binding agent with periods healing, 28, 63, 91, 180 and 360 days. The physical-mechanical properties determined were: water absorption, apparent density, strength and loss of mass. The results of tests for characterization of conventional raw materials (cement and aggregate kid) and alternative (gray shell of rice) are within the standards established by the rules of ABNT, indicating specific surface index and fineness of the ash bark of and rice than the cement used. The results showed that the ash of rice husk is predominantly amorphous and has high pozzolanic power in accordance with the specifications of ABNT, allowing its use in concrete and mortar for their characteristics of high fineness. Contudo pode-se considerar este material tecnicamente viável, uma vez que não apresentou resultados inferiores aos esperados, sendo também uma forma ecologicamente correta de utilizar este resíduo.

**Keywords:** Mortar, ash and rice husk, durability

## INTRODUÇÃO

Em 2008 foram produzidas no Brasil cerca de 12,2 milhões de toneladas do grão. Com o consumo dessa produção é gerado um grande acúmulo de resíduos, sendo descartados de maneira indiscriminada, causando com isso sérios danos ao meio ambiente. A cinza da casca de arroz, que já é empregada em pesquisas da área de construção civil, como em concretos, tem desempenho comparável com o da sílica ativa, componente comercial necessário na produção de concretos de alto desempenho, usado em lajes, vigas e pilares, porém para esta finalidade é necessário retirar o excesso de carvão que fica na cinza, para torná-la mais pura (mais clara), o que pode tornar o processo oneroso, mesmo tendo a vantagem de substituir em até 40% o volume de cimento utilizado no concreto (PRUDÊNCIO JÚNIOR et al, 2002).

Baseado na potencialidade da industrialização do arroz, no Brasil observa-se uma necessidade de pesquisas que permitam um aproveitamento racional do resíduo, para uso como material utilizado na construção civil.

Portanto, faz parte deste trabalho avaliar a potencialidade do uso da cinza de casca de arroz na produção de argamassas, uma vez que o Brasil é o 9º produtor mundial de arroz, segundo dados da IRRI (2008) e conseqüentemente um potencial gerador de resíduo. Esta pesquisa objetivou avaliar o desempenho mecânico deste resíduo, em argamassas, através da resistência à compressão simples, absorção por imersão em água, perda de massa e densidade aparente, sendo expostas a cura úmida, em períodos de 28, 63, 91, 180 e 360 dias

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização e desenvolvimento deste trabalho foi necessário definir as variáveis independentes e as dependentes. As variáveis independentes são aquelas que são função do material utilizado e do período de cura pré-estabelecidos no projeto. As variáveis dependentes são: consumo de cimento e a cinza da casca de arroz (CCA) que substituirá parte do aglomerante.

### Materiais utilizados

Foi escolhido um CII-F-32, Cimento Portland composto com Filler, por não apresentar pozolana, uma vez que a substituição da CCA pelo cimento tem esse objetivo.

A CCA empregada foi proveniente da queima da casca de arroz a uma temperatura de 600°C durante um período de duas horas, em atmosfera oxidante. Em seguida foi beneficiada no moinho de bolas com duração de duas horas e por fim passada na peneira ABNT nº 200.

O agregado miúdo utilizado foi areia oriunda do Rio Paraíba, passada na areia peneira de abertura 4,8mm e seca em estufa a 110°C.

A água potável fornecida pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) à cidade de Campina Grande – PB foi a água utilizada na pesquisa.

### Atividade pozolânica

A atividade pozolânica da CCA com CII-F-32 e com a cal, foi verificada de acordo com as normas da ABNT, NBRs 5752 (1992) e 5751 (1992) respectivamente, ou seja, são moldados corpos de provas de argamassas convencionais e alternativas com 35% do volume do cimento substituído pela CCA. A relação entre a resistência à compressão simples da argamassa alternativa pela resistência da argamassa convencional de referência é chamada de Índice de Atividade Pozolânica (IAP) e este tem que ser superior a 75% para se caracterizar o material como pozolânico.

## Caracterização física e mineralógica

Os ensaios de caracterização física para os materiais empregados foram: finura na peneira ABNT, nº 200 (0,074mm) pela NBR 11579 (1991), massa específica real pelo método da ABNT, NBRs 6474 (1998) e 9776 (1987), massa unitária no estado solto pelo método da ABNT NBR 7251 (1982), superfície específica (Blaine) usando a ABNT NBR 7224 (1984); granulometria a laser (cimento e cinza de casca de arroz), análise granulométrica, por peneiramento, da areia, segundo norma da ABNT NBR 7217 (1987); e teor de materiais pulverulentos, ABNT NBR 7219 (1982).

Realizou-se uma análise química clássica segundo os métodos do Laboratório de Análises Mineraias do Centro de Ciência e Tecnologia, CCT da Universidade Federal de Campina Grande, onde determinou-se a perda ao fogo, matéria orgânica e os óxidos: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>.

Foi utilizado o método do pó empregando-se um Difratorômetro SHIMADZU XRD-6000 com radiação CuK $\alpha$ , tensão de 40 kV, corrente de 30 mA, modo fixe time, com passo de 0,02 e tempo de contagem de 0,6s, com ângulo 2 $\theta$  percorrido de 5° a 60°. Para a caracterização mineralógica presentes nas matérias primas convencionais e alternativas e nos produtos de hidratação de pastas

Análises termogravimétricas (TG) e termodiferenciais (DTA) através do aparelho de Análises Térmicas, Modelo BP Engenharia foram realizadas para conhecer o comportamento térmico (estabilidade e decomposição) das amostras em matérias primas convencionais e alternativas e nos produtos de hidratação de pastas.

A análise granulométrica por difração a laser utiliza o método de dispersão de partículas em fase líquida associada com um processo de medida óptica.

Na determinação da quantidade de água para moldagem das argamassas fez-se necessário o uso do flow table (mesa para medir a consistência e trabalhabilidade da argamassa), no entanto não dispondo deste equipamento confeccionou-se cinco corpos-de-prova cilíndricos (5cm x 10cm) para cada traço de argamassa, variando o fator água/cimento, de um valor mínimo a um valor onde atingisse a RCS<sub>máx</sub>. Quando o valor da RCS decrescesse, adotava-se como fator água-cimento para aquele traço o que apresentasse maior resistência à compressão simples aos 7 dias de cura.

Na Tabela 1 pode-se observar o resumo dos ensaios realizados na pesquisa.

Tabela 1 – Resumo dos ensaios realizados nesta pesquisa.

AGREGADO	AGLOMERANTES		ARGAMASSAS
<b>Miúdo</b>	<b>Cimento</b>	<b>Cinza de casca de arroz (alternativo)</b>	<b>Argamassas</b>
Secagem	Área específica	Área específica	Estudo do fator água-cimento
Granulometria	Finura na #200	Finura na #200	Moldagem das argamassas
Massa unitária	Massa unitária	Massa unitária	Resistência à compressão simples (RCS)
Massa específica real	Massa específica real	Massa específica real	Absorção (ABS)
Teor de materiais pulverulentos	Tempo de pega e RCS	Estudo da atividade pozolânica	Densidade aparente
	Análise térmica: TG e DTA	Análise térmica: TG e DTA	Análise térmica: TG e DTA
	Análise química	Análise química	Difração de raios X
	Granulometria a laser	Granulometria a laser	
	Difração de raios X	Difração de raios X	

Na Tabela 2 estão apresentados os traços utilizados nas moldagens dos corpos de prova de argamassas incorporados com resíduos, sendo 6 traços para cada composição (argamassa), totalizando, 12 traços: 2 convencionais (sem incorporação do resíduo), 6 alternativos com CCA e 4 com CA.

Tabela 2– Dosagens empregadas na moldagem das argamassas.

Traços convencionais	Traços com substituição do C por CCA
01:04	(0,97:0,03):4
C: AM	(0,94:0,06):4
	(0,91:0,09):4
01:06	(0,97:0,03):6
C: AM	(0,94:0,06):6
	(0,91:0,09):6

Legenda: C = cimento; AM = agregado miúdo (areia);  
e CCA = cinza de casca de arroz.

Após cura foram determinadas as propriedades físico-mecânicas: absorção por imersão em água (**ABS**), densidade aparente (**D<sub>ap</sub>**) e resistência à compressão simples (**RCS**), das argamassas de acordo com as normas da ABNT NBR 9798 (1994) e NBR 7215 (1996).

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado de acordo com as normas da ABNT, NBR 9778 (1987), após períodos de cura de 28, 63, 91, 180 e 360 dias. Foram moldados vinte e cinco (25) corpos de prova para cada composição (traço), sendo cinco para cada período de cura

A avaliação de densidade aparente foi realizada conforme procedimentos da ABNT, NBR 13280 (2005), após períodos de cura de 28 e 360 dias. Foram usados os mesmos corpos-de-prova do ensaio de absorção de água.

Os ensaios de resistência à compressão seguiram os procedimentos indicados pela norma brasileira NBR 7215 (1996) da ABNT, utilizando cinco corpos-de-prova por traço por argamassa estudada. Foram verificadas as resistências dos grupos de ensaios para as idades de 28, 63, 91, 180 e 360 dias de moldagem, para o processo de cura em meio úmido, em prensa de fabricação da Contenco, própria para argamassas, calibrada periodicamente pela Norma da ABNT NBR 6674 (2002).

Os ensaios de análise termogravimétrica e difração de raios X foram realizados para as idades de cura de 28, 91, 180 e 360 dias. Neste ensaio os corpos de prova foram submetidos aos ciclos de molhagem e secagem, sendo cada ciclo com duração de 24h.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos materiais convencionais

As características químicas apresentadas pelo o cimento permitem utilizá-lo em aplicações gerais, podendo ser usado no preparo de argamassas de assentamento, revestimento, argamassa armada, concreto simples, armado, protendido, projetado, rolado, magro, concreto-massa, elementos pré-moldados e artefatos de concreto, pisos e pavimentos de concreto, solo-cimento, dentre outros, NBR 11578 (1991). Na Tabela 3, observa-se a composição química do cimento utilizado.

Tabela 3 – Composição química do cimento Portland CII-F 32

Ensaio realizado		Cimento
Perda ao fogo (%)		4,80
Análise* Química (%)	Dióxido de silício (SiO <sub>2</sub> )	29,22
	Óxido de magnésio (MgO)	2,40
	Óxido de alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	12,69
	Óxido de ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,32
	Óxido de cálcio (CaO)	44,80
	Alcalis totais (%)	Óxido de sódio (Na <sub>2</sub> O)
	Óxido de potássio (K <sub>2</sub> O)	1,51
Resíduo insolúvel (RI)		0,58

\*Laboratório de análises minerais da UFCG.

Analisando-se a curva de distribuição granulométrica do cimento Portland mostrado na Figura 1 observou-se que este apresentou curva com comportamento modal com pico em 80µm e média distribuição de tamanho de partículas, com D<sub>10</sub> de 0,90µm, D<sub>50</sub> de 7,41µm, D<sub>90</sub> de 31,21µm e diâmetro médio 12,18 µm.

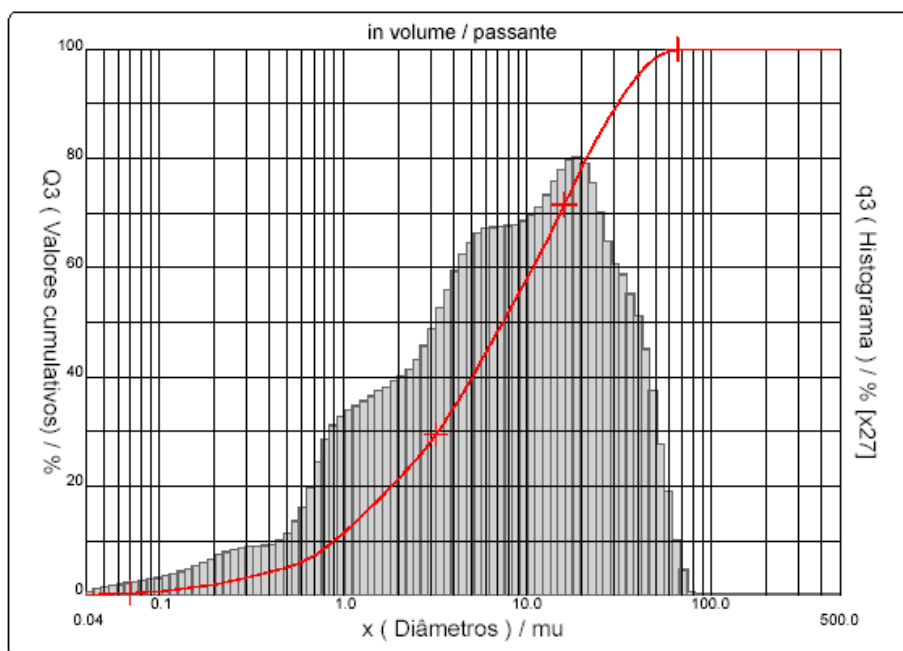


Figura 1 – Curva de distribuição granulométrica por difratometria a laser do CP.

Analisando os valores da massa específica real da areia, verifica-se que o resultado foi de 2,62 g/cm<sup>3</sup>, segundo Petrucci (1998) a massa específica ideal para o agregado miúdo é de aproximadamente de 2,60 g/cm<sup>3</sup>. Para a massa unitária o valor encontrado foi de 1,49 g/cm<sup>3</sup> podendo ser considerado igual ao citado pelo mesmo autor (1,50 g/cm<sup>3</sup>). Em relação ao teor de materiais pulverulentos o valor encontrado foi de 1,70%, este resultado encontra-se dentro do estabelecido por norma da ABNT NBR 7219 (1982) que permite até 5%.

A granulometria deve atender aos limites preconizados pela NBR 7217 (1987) para areia média, admitindo-se módulo de finura (soma das porcentagens retidas acumuladas divididas por 100) entre 2,4 e 3,3 sendo sempre aconselhável valores mais próximos do limite superior, para esta areia o módulo de finura foi de 2,22%.

### Caracterização dos materiais convencionais

O módulo de finura, na peneira da ABNT, nº 200 (0,074mm), encontrado para a CCA foi de 3,77%, estando dentro dos parâmetros permitidos por norma, que é um módulo de finura inferior a 12%. Com relação à massa específica real, o valor encontrado foi de 2,25 g/cm<sup>3</sup>, sendo este valor semelhante ao encontrado por Rego (2004), que foi de 2,12 g/cm<sup>3</sup> e ao encontrado por Mattos et al (2002), 2,2 g/cm<sup>3</sup>. Quanto à massa unitária da cinza de casca de arroz o resultado encontrado foi de 0,46g/cm<sup>3</sup>, similar ao valor encontrado para a cinza de casca de arroz estudada por Mattos et al (2002), que foi de 0,40g/cm<sup>3</sup>, indicando que a CCA é um material poroso, com baixa densidade. Analisando os valores da composição química da CCA, esta apresenta elevado teor de dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>) como principal composto químico, com valor de 87,44%. Os demais óxidos encontrados na composição química da CCA, como principais impurezas, apresentam valores inferiores a 5%. Comparando os valores de SiO<sub>2</sub> da CCA com os valores apresentados por Della et al (2005) e por Rego (2004), cujo teor de óxidos é de 97,87% e 86,72%, respectivamente, pode-se concluir que são valores próximos aos encontrados para a cinza em estudo. Já o teor de SiO<sub>2</sub> encontrada para a cinza estudada por Cordeiro (2006) foi da ordem de 80%. Ressalta-se que o alto teor de dióxido de silício é um dos indicadores para o material ser considerado pozolânico.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores para a relação água-cimento e da resistência à compressão simples, aos sete dias de cura, dos corpos de prova de argamassas em estudo: traço convencional e traços alternativos com incorporação da cinza de casca de arroz.

Tabela 4 – Estudo do fator água/cimento para as argamassas convencionais e alternativas, nos traços 1:4 e 1:6 incorporadas com percentuais de cinza de casca de arroz (CCA).

Q <sub>cp</sub>	% CCA	fa/c 1:4	RCS <sub>m</sub> (MPa) 1:4	fa/c 1:6	RCS <sub>m</sub> (MPa) 1:6
5	0%	0,55	12,59	0,7	7,2
5	3%	0,55	9,18	0,65	8,72
5	6%	0,6	12	0,7	8,72
5	9%	0,6	12,59	0,7	9,22

fa/c = fator água cimento; RCS = resistência à compressão simples;  
Q<sub>cp</sub> = quantidade de corpos de prova moldados.

Analisando os dados apresentados na Tabela 4, observa-se que o traço 1:4 com substituição do aglomerante por cinza de casca de arroz, nos percentuais 3%, 6% e 9%, tiveram o fator água/cimento variando entre de 0,55, para os menores percentuais de CCA à 0,65, para os maiores percentuais de CCA de incorporação de cinza. Os dados da relação água/cimento para a argamassa no traço 1:6 com cinza de casca de arroz variaram de 0,65 a 0,80, observando-se também que quanto maior o percentual do resíduo, maior o fator água-cimento.

#### Estudo das argamassas com cinza da casca de arroz (CCA)

Conforme a NBR 7215 (1996) da ABNT foram realizados os ensaios de resistência à compressão utilizando cinco corpos-de-prova por traço por argamassa estudada, sendo estas moldadas com os traços pré-determinados, 1:4 e 1:6 e seus respectivos percentuais de substituição, ou seja: 3%, 6% e 9% de CCA para substituição do aglomerante, em traços distintos e peso em massa. Foram verificadas as resistências dos grupos de ensaios para as idades de 28, 63, 91, 180 e 360 dias de moldagem.

Analisando as resistências à compressão simples das argamassas com incorporação de CCA, cura em meio úmido, por períodos de 28, 63, 61 e 180 dias para o traço de 1:4, observa-se que os corpos de prova com incorporação de 6% e 9% apresentaram desempenho superior aos corpos de prova da argamassa convencional, nos tempos de cura de 63, 91 e 180 dias. Aos 28 dias de cura, os corpos de prova convencionais tiveram melhor desempenho, em relação às argamassas alternativas, o que se justifica, provavelmente pelo fato das reações pozolânicas ocorrerem mais lentamente.

Nos resultados para o traço 1:6 pode-se verificar que após 28 e 63 dias de cura, praticamente todos os corpos de prova de argamassa com incorporação de CCA, apresentaram desempenho mecânico inferior aos corpos de prova das argamassas convencionais.

Na Tabela 5 estão os resultados da densidade aparente, a qual foi calculada de acordo com a norma da ABNT, NBR 13280 (2005), para o período de cura de 28 dias. Neste ensaio foram usados os mesmos corpos de prova do ensaio de absorção de água.

Tabela 5 – Avaliação da evolução da densidade das argamassas com CCA, cura úmida.

Ensaio de densidade aparente com CCA (g/cm <sup>3</sup> )			
Traços	%CCA	Cura úmida (C.U.)	
		28	RCS (MPa)
1:4	0%	2,3	14,04
	3%	2,23	10,95
	6%	2,241	11,79
	9%	2,244	12,21
1:6	0%	2,16	7,86
	3%	2,181	7,7
	6%	2,234	7,7
	9%	2,164	7,16

De acordo com os resultados obtidos para densidade aparente, pode-se verificar que a densidade aparente varia de acordo com o comportamento mecânico das argamassas e que estes valores são tanto

maiores quanto maiores forem os valores da RCS. O traço 1:4, sem nenhuma adição, para este período de cura, foi o que apresentou melhor valor de DAp, sendo de 2,300g/cm<sup>3</sup>. Provavelmente com o aumento do período de cura, quando as reações pozolânicas começam a ocorrer, ocorra também um maior refinamento dos poros, preenchendo os vazios capilares e, conseqüentemente, aumentando o valor da densidade das argamassas.

Analisando as curvas da Figura 2 observa-se que os corpos de prova com incorporação de 6% e 9% do resíduo CCA apresentaram desempenho superior aos corpos de prova da argamassa convencional, nos tempos de cura de 63, 91 e 180 dias. Aos 28 dias de cura, os corpos de prova convencionais tiveram melhor desempenho, em relação as argamassas alternativas, o que se justifica, provavelmente pelo fato das reações pozolânicas ocorrerem mais lentamente, pois segundo Malhotra e Mehta (1996) a incorporação de resíduo à pasta possibilita o preenchimento dos vazios entre as partículas de cimento disperso, o que promove aumento no empacotamento da mistura e, conseqüentemente, refinamento da rede porosa, implicando no aumento da RCS.

Comparando o desempenho do comportamento mecânico entre 28 e 180 dias de cura, observa-se um incremento da resistência em: 19,90%; 43,60%; 44,20% e 54,00 com valores de: 16,84MPa; 15,72MPa; 17,00MPa e 18,81MPa para os traços de 0%, 3%, 6% e 9%, respectivamente.

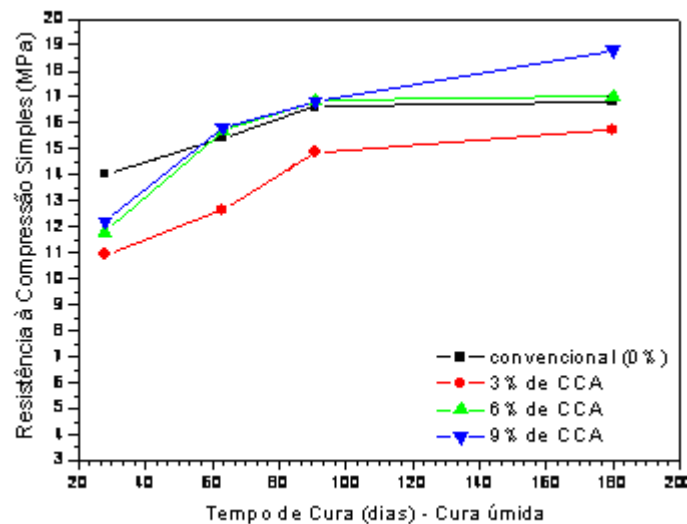


Figura 2 – Resistência à compressão simples dos corpos de prova incorporados com CCA, cura em meio úmido, curados por 28, 63, 91 e 180 dias, traço 1:4.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados para o traço 1:6. Verifica-se que após 28 e 63 dias de cura, todos os corpos de prova de argamassa com incorporação de CCA, apresentaram desempenho mecânico inferior aos corpos de prova das argamassas convencionais. Verifica-se ainda que os corpos de prova obtiveram valores muito próximos em todos os períodos de cura.

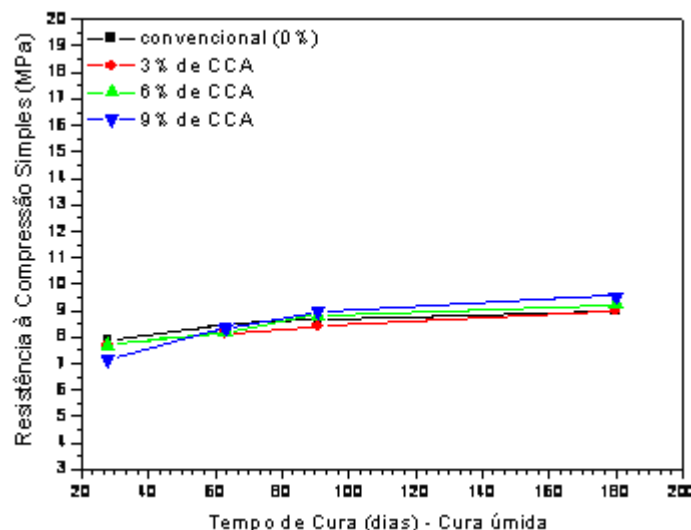


Figura 3 – Resistência à compressão simples dos corpos de prova incorporados com CCA, cura em meio úmido, curados por 28, 63, 91 e 180 dias, traço 1:6.

Comparando os valores dos teores de absorção aos 28 dias de cura com os resultados após 180 dias de cura observa-se que em todos os traços ocorreu um decréscimo da absorção, em torno de 10%. Acredita-se que com o aumento do período de cura ocorra um incremento dos poros, diminuindo assim a porosidade e conseqüentemente reduzindo o teor de absorção de água. Como pode ser visto na tabela 6.

Tabela 6 – Teor de absorção de água das argamassas com CCA, traço 1:4

Cura (dias)	ABS – Traço 1:4 com CCA			
	0%	3%	6%	9%
28	9,11	10,32	9,56	9,44
63	8,05	11,79	10,92	10,86
91	8,84	9,82	10,27	9,63
180	8,11	9,3	8,73	8,56

Analisando o teor de absorção de água da argamassa no traço 1:6, cujos dados estão apresentados na Tabela 7 observa-se que a argamassa sem adição mineral apresentou maior índice de absorção, provavelmente por este ser um traço com maior quantidade de areia e então possibilita um maior índice de vazios entre os grãos, variando 7,40% entre a absorção inicial e final (180 dias).

Tabela 7 – Teor de absorção de água das argamassas com CCA, traço 1:6

Cura (dias)	ABS – Traço 1:6 com CCA			
	0%	3%	6%	9%
28	13,02	10,88	11,67	12,92
63	12,5	10,68	11,57	12,55
91	12,16	10,23	10,73	12,14
180	12,05	9,89	9,63	11,68

Observa-se que aos 91 dias de cura, 30 ciclos de molhagem e secagem, todos os traços tiveram seus valores de absorção inferiores aos resultados para 28 dias de cura, no entanto, para o período de cura de 180 dias de cura e após 40 ciclos de molhagem e secagem, o comportamento do índice de absorção para os traço com 9% de CCA aumentou com o tempo de cura, provavelmente, devido ao preenchimento dos vazios.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- Todas as matérias-primas encontram-se dentro das condições estabelecidas pela ABNT.
- A cinza da casca de arroz apresentou resultado satisfatório quanto a área específica a credenciando a substituir parte do cimento na confecção de argamassas, os teores de óxido de silício e ferro foi de 87,54%, superando o valor mínimo estabelecido pela NBR 12653 (1997) igual a 70%, caracterizando o material com atividade pozolânica.

Contudo pode-se afirmar que a CCA possui características semelhantes as sílicas ativas comercialmente utilizadas, pois aproximadamente 90% da CCA é composta por sílica, é uma superpozolona e ainda possui pequeno diâmetro médio das partículas. Tornando-se assim um produto com padrões compatíveis ao seu uso.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

- \_\_\_\_\_. Determinação do índice de atividade pozolânica com cal. **NBR 5751**. 1992.
- \_\_\_\_\_. Determinação do índice de atividade pozolânica com cimento. **NBR 5752**. 1992.
- \_\_\_\_\_. Cimento Portland e outros materiais em pó. Determinação da massa específica. **NBR 6474**. 1998.
- \_\_\_\_\_. Calibração de desempenho – dinamômetro, calibração de cilindro padrão. **NBR 6674**. 2002.
- \_\_\_\_\_. Cimento Portland. Determinação da resistência à compressão simples. **NBR 7215**. 1982.
- \_\_\_\_\_. Agregados. Determinação da composição granulométrica. **NBR 7217**. 1987.
- \_\_\_\_\_. Agregados. Determinação do teor de materiais pulverulentos dos agregados.. **NBR 7219**. 1982.
- \_\_\_\_\_. Cimento Portland e outros materiais em pó. Determinação da área específica. **NBR 7224**. 1984.
- \_\_\_\_\_. Agregados no estado solto. Determinação da massa unitária. **NBR 7251**. 1982.
- \_\_\_\_\_. Agregados. Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. **NBR 9776**. 1987.
- \_\_\_\_\_. Argamassa e concreto endurecidos. Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. **NBR 9778**. 1987.
- \_\_\_\_\_. Cimento Portland. Especificação. **NBR 11578**. 1991.
- \_\_\_\_\_. Cimento Portland Comum. **NBR 11579**. 1991.
- \_\_\_\_\_. Cimento Portland. Determinação do tempo de pega. **NBR NM 65**. 2003.
- \_\_\_\_\_. Cimento Portland e outros materiais em pó. Determinação da finura pelo método da permeabilidade ao ar (Método Blaine). **NBR NM 76**. 1998.
- \_\_\_\_\_. Resíduos Sólidos. **NBR 10004**. 2004.
- \_\_\_\_\_. Lixiviação de resíduos. **NBR 10005**. 2004.
- \_\_\_\_\_. Solubilização de Resíduos. **NBR 10006**. 2004.
- \_\_\_\_\_. Amostragem de Resíduos. **NBR 10007**. 2004.
- \_\_\_\_\_. Materiais Pozolânicos. Definições. **NBR 12652**. 1992.
- \_\_\_\_\_. Materiais Pozolânicos. Exigências químicas e físicas. **NBR 12653**. 1997.
- \_\_\_\_\_. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à compressão simples - Método de Ensaio. **NBR 13279**. 2001.
- \_\_\_\_\_. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade massa aparente no estado endurecido - Método de Ensaio. **NBR 13280**. 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2009. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap18.htm>, Acesso em Julho de 2009.

ARROZ BRASILEIRO – Projeto Arroz Brasileiro, 2009. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap18.htm>, Acesso em Julho de 2009.

SOUZA, J. **Estudo da durabilidade de argamassas utilizando cinzas e casca de arroz no traço**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB, 2008