Estudo Comparativo do Concreto Auto Adensável com Cinza da Casca de Arroz sem Controle de Queima e Sílica Ativa

FERREIRA, Ludimilla¹
RIBEIRO, Fábio²

¹CEULP/ULBRA, Universidade Luterana de Palmas, Palmas, Brasil. E-mail: ludimilladsf@gmail.com

²CEULP/ULBRA, Universidade Luterana de Palmas, Palmas, Brasil. E-mail: fabioribeiro@ceulp.edu.br

Resumo

A adição da cinza da casca de arroz (CCA) contribui na sustentabilidade da construção civil. Uma vez que aplicado no concreto auto adensável (CAA) permite diminuir custos de produção para o concreto, reduz os impactos ambientais negativos e melhora algumas das suas propriedades físicas e mecânicas. Nessa pesquisa através de dosagem experimental, foi analisada a viabilidade técnica a partir de dois traços: uma referência com adição da sílica ativa de 10% e outro com adições de 5%, 10% e 20% de CCA sem controle de queima, para cada relação água/aglomerante foram dosados 0,47, 0,55 e 0,65 pelo método IPT/EPUSP de acordo com TUTIKIAN. Em seguida, foram analisadas suas propriedades de resistência à compressão axial, resistência à tração na compressão diametral, módulo de deformação e absorção de água por imersão. Para este estudo foram utilizados materiais da região de Palmas: cimento Portland V-ARI, sílica ativa, brita 0, areia média, aditivo superplastificante, e cinza da casca de arroz sem controle de queima. Os resultados demonstraram que é viável a adição de CCA no cimento de acordo com os teores estudados, de forma que contribuiu para a sua resistência, para a diminuição do consumo de cimento e preservação dos recursos naturais.

Palavras-Chave: CCA, CAA, Sílica, Resistência, Viabilidade Técnica.

Abstract

The addition of rice husk ash (CCA) contributes to the sustainability of construction. Since it is applied in self-compacting concrete (CAA), it reduces production costs for concrete, reduces negative environmental impacts and improves some of its physical and mechanical properties. In this research, the technical feasibility was analyzed using two traces: a reference with addition of active silica of 10% and another one with additions of 5%, 10% and 20% of CCA without control of burning, for each Water / binder ratio were 0.47, 0.55 and 0.65 by the IPT / EPUSP method according to TUTIKIAN. Then, its properties of axial compression strength, tensile strength in diametrical compression, modulus of deformation and absorption of water by immersion were analyzed. For this study, materials from the Palmas region were used: Portland V-ARI cement, active silica, gravel 0, medium sand, superplasticizer additive, and ash from the rice husk without burning control. The results demonstrated that it is feasible to add CCA in the cement according to the studied contents, in a way that contributed to its resistance, to the reduction of cement consumption and the preservation of natural resources.

Key-Words: CCA, CAA, Silica, Resistance, Technical Feasibility.

1. Introdução

Os impactos causados pelo homem ao meio ambiente são preocupações constantes. Por isso pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de lançar novos materiais no mercado e para que isso aconteça deve-se procurar avançar em técnicas de reaproveitamento de materiais alternativos, como forma de atenuar os impactos ambientais causados mesmos.

Há diversas maneiras de diversificar a oferta de matéria-prima para a utilização dos materiais de construção, sendo uma delas a reciclagem de resíduos, viabilizando reduções de preço. Assim, a reciclagem de resíduos como entulho, resíduos agrícolas, resíduos industriais, resíduos de mineração, entre outros, contribuem para a preservação ambiental (LIMA, 2005 apud SOUZA, 2008).

Segundo Metha (1994), o concreto é o segundo material mais consumido pelo homem, tem como constituinte principal o cimento Portland, responsável por grande emissão de CO₂. Entretanto, tem sido constatado que para garantir a vida útil de projeto de estruturas de concreto, devido a vários processos de deterioração, tem sido vantajoso a incorporação de subprodutos agroindustriais, cinza de casca de arroz, cinza volante, ou mesmo sílica ativa, conjugando à melhoria técnica, Alves (2001), Dal Ri (2003), Gomes (2003), a conservação de recursos naturais, a destinação nobre de resíduos poluidores ambientais, contribuindo também para o que pode ser denominado de engenharia sustentável.

A cinza da casca do arroz (CCA) que é um resíduo vegetal vem sendo motivo de estudos por vários pesquisadores, devido por sua vez observarem que está cinza apresenta bons resultados quanto aos aspectos físicos e mecânicos quando utilizadas em argamassas e concretos. Esta utilização se torna satisfatória devido às cinzas possuírem elevado teor de sílica, apresentando características pozolânicas, ou seja, quando trabalhadas isoladamente, as cinzas não apresentam caráter aglomerante (BEZERRA, 2010).

Contudo, a CCA ao natural, sem beneficiamento, é pouco estudada. Os pesquisadores, geralmente, estudam os efeitos da adição de CCA beneficiada em concretos, ou seja, aquela que é obtida através de uma queima controlada.

A cinza de casca de arroz obtida a partir de queima controlada apresenta boa reatividade e pode ser utilizada como adição ou substituição de parte do cimento.

Entretanto, aumentar a velocidade das reações pozolânicas da cinza industrializada, de forma a elevar a resistência sem prejuízos de outras propriedades do concreto, representa um grande avanço para aplicação deste material em escala maior.

2. Desenvolvimento

Na Universidade de Tóquio no ano de 1986, iniciaram os estudos pelo Professor Hajime Okamura sobre o concreto auto adensável, sendo que sua maior aplicação em obras civis ocorreu em 1997 (GOMES e BARROS, 2009). A primeira utilização do CAA foi inaugurada em 1998, com a ponte Akashi-Kaikyo, no estreito de Akashi entre as cidades de Kobe e Awaji no Japão, com extensão total de 3.911m de vão central e suas ancoragens possui 290.000m³ de concreto auto adensável.

O CAA chegou ao Brasil por volta do ano de 1970, suas características diferentes, era utilizado somente em concretagens submersas como na Ponte Rio Niterói e nas paredes diafragmas da Estação São Bento do metrô de São Paulo (GEYGER 2009 e ARAÚJO, 2008).

2.1. Definição

Para um concreto ser definido como auto adensável precisa satisfazer determinadas propriedades, tais como: fluidez, habilidade passante ou coesão e resistência à segregação.

Segundo Tutikian & Dal Molin, (2008), a qualidade dita como fluidez é caracterizada pela capacidade do concreto auto adensável fluir dentro da fôrma e preencher todos os espaços. A habilidade passante como a capacidade de escoamento pela fôrma, passando por entre as armaduras sem obstrução do

fluxo ou segregação. E a resistência à segregação é a propriedade do concreto em se manter coeso ou fluir dentro das fôrmas, passando ou não através de obstáculos.

No entanto, é importante constatar que essas características são alcançadas pelo uso de aditivos, minerais e químicos, diferentemente dos concretos convencionais. A presença de aditivos é indispensável na produção do CAA, tais como: aditivos minerais, como a sílica ativa, a cinza volante, a escória de alto-forno, as pozolanas, a cinza da casca de arroz, o resíduo de serragem de mármore e granito, dentre outros; e aditivos químicos, como os superplastificantes e modificadores de viscosidade.

2.2. Cinza da Casca de Arroz

O Brasil é o nono maior produtor do cereal, com 10,6 milhões de toneladas sendo considerada uma das mais importantes culturas produzidas no país. O Rio Grande do Sul contribui com a maior parte da produção nacional (48%), sendo o maior estado produtor (GOMES, 2004).

De acordo com Gomes (2004), o mercado mundial desse cereal continua com a demanda em crescimento, tanto em volume quanto na elevação da qualidade e diferenciação dos produtos, atendendo a exigência de cada perfil de consumidores.

A diferença básica entre a CCA residual e a CCA produzida com a temperatura de queima controlada é o teor de material amorfo nas cinzas. Nota-se que praticamente todos os autores pesquisados são unânimes com relação ao aparecimento de fases cristalinas na sílica contida na cinza da casca de arroz queimada a elevadas temperaturas, especialmente acima de 500°C, o que é evidente ao se analisar difrato gramas de raios x das amostras analisadas (REGO, 2002).

2.3. Concreto com CCA

O concreto feito com CCA em substituição ao cimento tem sido reportado por diversos autores.

Segundo Metha (1992), nenhum outro tipo de material pozolânico, incluindo a sílica ativa, tem potencial para contribuir no ganho de resistência, a mesma contribui para reduzir a segregação e a exsudação, tornando o concreto com melhor trabalhabilidade.

Metha (1992), conclui ainda que é possível substituir mais de 70% do cimento por CCA, porém basta que 10% a 20% de CCA sejam inseridas para que o concreto se beneficie com ganho de resistência e diminuição de permeabilidade com relação a sulfatos e cloretos.

Conforme Nehdi, Duquette e Damatty (2003), o uso de CCA utilizada como suplemento do concreto melhora propriedades como resistência a cloretos e à compressão, além de utilizar um subproduto do arroz e contribuir para a redução de impactos ambientais.

3. Metodologia

3.1. Planejamento da pesquisa

3.1.1. Escolha e caracterização dos materiais

Foram executados os ensaios de caracterização dos materiais no laboratório CEULP/ULBRA para a dosagem do concreto como: granulometria dos agregados, modo de finura, massa específica e unitária. Foi realizada a dosagem pelo método proposto por Tutikian.

- Cimento Portland CPV-ARI;
- Agregado Miúdo;
- Agregado Graúdo;
- Adições Minerais;
 - ✓ Cinza da Casca de Arroz (CCA);
 - ✓ Sílica Ativa (SA).
- Aditivo;
- Água.

3.1.2. Procedimentos Laboratoriais

3.1.2.1. Escolha e caracterização dos materiais

Foram realizados os ensaios no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), pelo método de dosagem do Tutikian (2004) baseado nos parâmetros do IPT.

Contudo conseguimos calcular os traços coerentes para a realização dos mesmos.

Tabela 1: Dosagem do Traço

	Água/ Aglomerante	% CCA	Adição Mineral
TICCA 5	0,55	5	CCA
TRCCA 5	0,47	10	CCA
TPCCA 5	0,65	20	CCA
TICCA 10	0,55	5	CCA
TRCCA 10	0,47	10	CCA
TPCCA 10	0,65	20	CCA
TICCA 20	0,55	5	CCA
TRCCA 20	0,47	10	CCA
TPCCA 20	0,65	20	CCA

Fonte: Próprio autor, 2015.

Tabela 2: Dosagem do Traço Referência

	Água/ Aglomerante	Traços	% SA	Adição Mineral
TISA 10	0,55	1:5,0	10	Sílica Ativa
TRSA 10	0,47	1:3,5	10	Sílica Ativa
TPSA 10	0,65	1:6,5	10	Sílica Ativa

Fonte: Próprio autor, 2015.

Tabela 3: Consumo do material

Nomenclatura	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita 0 (kg)	SA (kg)	CCA (kg)	Aditivo (kg)	Água (kg)
TISA 10	322	589,47	1.212	32,2	-	4,0	170
TRSA 10	424	466,12	1.212	42,4	-	4,0	170
TPSA 10	258	663,24	1.212	25,8	-	4,0	170
TICCA 5	339	458,73	1.212	-	18,08	4,0	170
TRCCA 5	447	466,12	1.212	-	18,08	4,0	170
TPCCA 5	276	449,83	1.212	-	18,08	4,0	170
TICCA 10	322	458,73	1.212	-	36,17	4,0	170
TRCCA 10	424	466,12	1.212	-	36,17	4,0	170
TPCCA 10	424	449,83	1.212	-	36,17	4,0	170
TICCA 20	286	458,73	1.212	-	72,33	4,0	170
TRCCA 20	377	466,12	1.212	-	72,33	4,0	170
TPCCA 20	233	449,83	1.212	-	72,33	4,0	170

Fonte: Próprio autor, 2015.

A tabela 3 indica o consumo de material a serem utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

Para este trabalho foram realizadas três relações: água/cimento: 0,47, 0,55 e 0,65; teor de argamassa inicial 56%, sílica ativa 10%, aditivo superplastificante 0,85% e porcentagem de adição de cinza da casca de arroz: 5%, 10% e 20%.

3.1.3. Ensaios do concreto no estado plástico

3.1.3.1. Ensaios com J-ring test

O j-ring test é uma complementação do slump flow test, ele é constituído por um anel de barras de aço espaçadas conforme a armadura real que se deseja simular. Mas, normalmente, o diâmetro é de 300 mm, a altura é de 100 mm e o espaçamento entre barras deve ser maior que três vezes o diâmetro máximo do agregado graúdo. Essa combinação de testes permite a verificação da fluidez e da habilidade do concreto passar por obstáculos, sendo a última devido ao j-ring.

Execução de ensaio:

- Umedecemos os equipamentos e colocamos no chão firme;
- Preencha de concreto até o topo do tronco de cone sem compactação externa ou vibração;
- Levantamos os moldes verticalmente e cronometra, até alcançar o círculo de 500 mm, medimos o espalhamento as duas dimensões.

3.1.3.2. Ensaios com Slump Flow Test

O slump flow test é utilizado para medir a capacidade do concreto auto adensável de fluir livremente sem segregar. Este ensaio mede a fluidez do CAA e o diâmetro do círculo formado pelo concreto.

Execução do ensaio:

- Umedecer o cone de Abrams apoiá-lo sobre uma chapa metálica nivelada e também umedecida;
- Preenchendo o cone de Abrams com concreto, depois, o tronco de cone lentamente suspenso verticalmente deixando o concreto fluir livremente sobre a superfície da chapa de madeira;
- Assim o concreto foi atingindo a marca de 500 mm do ensaio de espalhamento de Slump Flow Test.

3.1.4. Ensaios do concreto no estado endurecido

Para cada traço foram moldados 14 CP's, com dimensões de 10x20cm, segundo NBR 5738/2015, os quais foram submetidos aos ensaios:

Resistência à compressão: 7, 14, 28 e 45 dias; Resistência à tração: 45 dias;

Módulo de deformação: 45 dias;

Absorção de água: 45 dias.

4. Resultados e Discussões

Este trabalho fez-se pelo estudo do método de dosagem do IPT/EPUSP por Tutikian, que teve seguintes passos:

- ✓ Escolha dos materiais;
- ✓ Determinação do teor de argamassa;
- ✓ Determinação dos traços ricos, intermediário e pobre e a quantidade de aditivo superplastificante;
- ✓ Ensaios de Resistência à compressão em idades determinadas.

Tabela 4: Granulometria dos agregados graúdos e miúdos

Abertura das Peneiras mm	Agregado Graúdo	Agregado Miúdo
	Quantidade Retida Acumulada %	Quantidade Retida Acumulada %
# 19,00	0	
# 12,50	2,50	
# 9,50	43,50	
#6,30	85,00	
# 4,80	95,00	0
# 2,40		0
# 1,20		0,10
# 0,60		0,80
# 0,30		67,28
# 0,15		95,09
Modulo de Finura	6,18	1,71
Dimensão Máxima	12.50 mm	1.20 mm
Massa específica	2,65g/cm ³	2,63g/cm ³
Limite Granulométrico	BRITA 0	AREIA MÉDIA
Massa específica	2,14 g/cm ³	2,21 kg/cm ³
	CCA	Sílica Ativa

Fonte: Próprio autor, 2015.

Podemos observar na tabela a cima, que os ensaios estão adequados para o concreto auto adensável. Sendo assim, areia média está passando pela malha de 1.20mm e a brita 0 na malha de 12.50mm utilizados no CAA.

4.1. Aditivo Utilizado

Foi usado o aditivo superplastificante Sika Visco Crete 3535, que podendo usar o seu teor recomendado do fabricante é até de 1,5% do aditivo. Com isso, para todos os traços colocamos 0,85% do aditivo usado correspondente ao concreto auto adensável.

4.2. Determinação do teor de argamassa

Segundo o método de Tutikian, para determinar o teor de argamassa deve concentrar o valor da massa da brita em 30kg, inicialmente adotamos o valor de 49% assim vimos que ainda não havia dado certo fomos aumentando de 2% em 2% até chegar em 56% utilizada.

4.3. Determinação do traço Pobre, Rico e Intermediário

Os traços pobre, rico e intermediário pode ser calculados pelas proporções de 1:6,5; 1:3,5 e 1:5,0, com o teor de argamassa de 56%.

Tabela 5: Traços de dosagens calculados

Traço Intermediário	Traço Pobre	Traço Rico
1: 2,30: 2,70	1: 3,13: 3,37	1: 1,48: 2,02
16,919 de Areia	25,063 de Areia	20,544 de Areia
30 kg de Brita 0	30 kg de Brita 0	30 kg de Brita 0
8,590 kg cimento	7,017 kg cimento	11,182 kg cimento

Fonte: Próprio autor, 2015.

4.4. Resistência à compressão axial

Para fazermos a resistência à compressão moldamos todos os CP's de 7, 14, 28 e 45 dias, cada um com 2 CP's pra cada. Os valores para a resistência à compressão axial estão ilustrados na tabela 6.

Observa-se que os resultados do traço referência TRSA 10 está superior aos outros dois traços referência, podemos perceber que quanto mais fino adicionado maior foi sua resistência. Também podemos analisar que o traço referência TRSA 10 aos 45 dias tem sua resistência superior aos outros traços, às resistências de 16,50, 17,20, 18,50, e 18,60 foram inferiores entre as outras. Os traços TPCCA 10 e TICCA 20 são inferiores à do TRCCA 5, observou que quanto maior a relação a/c, menor é a resistência do concreto.

Tabela 6: Resultados da resistência à compressão

Traço	Idade (dia)	Resistência (Mpa)	Idades (dia)	Resistência (Mpa)	Idade (dia)	Resistência (Mpa)	Idade (dia)	Resistência (Mpa)
TISA 10	7	30,90	14	37,40	28	42,90	45	43,70
TRSA 10	7	38,70	14	46,00	28	47,90	45	46,20
TPSA 10	7	20,20	14	36,10	28	37,90	45	40,70
TICCA 5	7	33,40	14	31,70	28	39,90	45	33,90
TRCCA 5	7	36,70	14	25,50	28	32,50	45	37,70
TPCCA 5	7	23,10	14	19,70	28	24,50	45	23,90
TICCA 10	7	26,30	14	31,20	28	34,90	45	29,20
TRCCA 10	7	28,80	14	34,10	28	32,10	45	31,30
TPCCA 10	7	14,90	14	17,10	28	16,50	45	17,20
TICCA 20	7	21,70	14	19,80	28	18,50	45	25,10
TRCCA 20	7	28,90	14	32,90	28	33,60	45	34,10
TPCCA 20	7	14,10	14	15,90	28	18,60	45	22,90

Fonte: Próprio autor, 2015.

4.5. Resistência à tração diametral

Para fazermos a resistência à tração na compressão diametral moldamos todos os CP's aos 45 dias, cada um com 2 CP's pra cada. Os valores para a resistência à compressão axial aos 45 dias é 10% da resistência à compressão que estão ilustrados na tabela 14. Observa-se que os resultados do traço referência TISA 10 e TRSA 10 estão superiores aos outros dois traços, podemos perceber que são os mesmos superiores da resistência à compressão.

Tabela 7: Resultados da resistência à tração compressão diametral aos 45 dias

Traços	Resistência
TISA 10	4,35
TRSA 10	3,36
TPSA 10	2,89
TICCA 5	2,69
TRCCA 5	2,48
TPCCA 5	1,58
TICCA 10	3,25
TRCCA10	2,38
TPCCA10	1,65
TICCA 20	1,00
TRCCA20	2,47
TPCCA 20	1,54

Fonte: Próprio autor, 2015.

4.6. Determinação da absorção de água

Após os ensaios de absorção de água, normatizado pela NBR-9778/2009, temos os seguintes resultados:

Tabela 8: Resultados de absorção de água por imersão

	CP 1	CP 2	Média
TISA 10	4,42	3,63	4,03
TRSA 10	2,72	2,24	2,48
TPSA 10	2,33	2,03	2,18
TICCA 5	3,83	3,08	3,45
TRCCA 5	2,48	2,68	2,58
TPCCA 5	1,96	1,92	1,94
TICCA 10	2,62	3,66	3,14
TRCCA10	2,47	3,59	3,03
TPCCA10	4,03	3,15	3,59
TICCA 20	2,00	3,64	2,82
TRCCA 20	1,71	3,14	2,43
TPCCA 20	5,09	6,68	5,88

Fonte: Próprio autor, 2015.

Tabela 9: Resultados Módulo de elasticidade em GPa

	Fb (N)	Fa (N)	ϵ_a	ϵ_b	ϵ_cj
TPCCA 5	56.284,5	39250	2	3,5	$4,46 \times 10^{-3}$
TRCCA 5	88.848,5	39250	35	40	$2,16 \times 10^{-3}$
TICCA 5	79.834,5	39250	7	8	$9,67 \times 10^{-3}$
TPCC 10	40.506	39250	9	10	$4,66 \times 10^{-3}$
TRCCA10	73.711,5	39250	6	11	$1,78 \times 10^{-3}$
TICCA 10	68.766	39250	60	68,3	$9,96 \times 10^{-3}$
TPCCA 20	19.546,5	39250	34	39	$3,98 \times 10^{-3}$
TRCCA 20	77.950,5	39250	4	10	$1,57 \times 10^{-3}$
TICCA 20	59.110,5	39250	76	180	$6,76 \times 10^{-3}$
TPSA 10	108.801,5	39250	35	59	$5,57 \times 10^{-3}$
TRSA 10	95.848,5	39250	14	30	$1,98 \times 10^{-3}$
TISA 10	102.919,5	39250	41	55	$2,45 \times 10^{-3}$

Fonte: Próprio autor, 2015.

4.7. Determinação do módulo de estático de elasticidade à compressão

O módulo de deformação é definido como a relação entre a tensão aplicada e a deformação instantânea sofrida pelo concreto, no estado endurecido, sendo dependente das características dos materiais constituintes, assim como da dosagem da mistura.

O procedimento deste ensaio será regido pelas instruções da NBR 8522/2008 Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão deformação. Foi realizado na idade de 45 dias, com 2 CP's.

4.8. Ensaio de Slump Flow Test e J-Ring

A partir desses ensaios obtivemos os espaçamentos mínimos e máximos solicitado pelo método de dosagem que estamos efetuando, veja nas tabelas abaixo.

Tabela 10: Resultados do slump flow test

	Espaçamento Vertical	Espaçamento Horizontal
TPCCA 5	550	560
TRCCA 5	530	500
TICCA 5	590	600
TPCCA 10	590	560
TRCCA10	540	520
TICCA 10	580	540
TPCCA 20	530	580

O ensaio de absorção dos corpos-de-prova com adição da cinza da casca de arroz mostrou uma boa redução na absorção do concreto, sendo seu resultado mais significativo com adição de 20% da cinza da casca de arroz, tiveram absorção menor que os dosados com adição de 5% e 10% de CCA.

TRCCA 20	580	560
TICCA 20	540	540
TPSA 10	600	600
TRSA 10	600	550
TISA 10	500	550

Observamos que o único que ficou inferior foi o TRCCA 5 E TPCCA 20, e que a brita não foi totalmente envolvida pela argamassa, mais nada que possa vir prejudicar o resultado no final, com isso, é mínimo é de 500mm como diz Tutikian e máximo 600mm.

Tabela 11: Resultados do J-Ring

	Espaçamento Vertical	Espaçamento Horizontal
TPCCA 5	550	560
TRCCA 5	530	500
TICCA 5	590	600
TPCCA 10	590	560
TRCCA10	540	520
TICCA 10	580	540
TPCCA 20	530	580
TPSA 10	600	600
TRSA 10	600	550
TISA 10	500	550
TRCCA 5	530	500
TICCA 5	590	600
TPCCA 5	550	580
TRCCA 10	510	530
TICCA 10	500	600
TPCCA 10	550	500
TRCCA 20	600	590
TICCA 20	530	560
TPCCA 20	580	570

Fonte: Próprio autor, 2015.

5. Conclusões

Deste modo, por meio das análises realizadas para os concretos auto-adensáveis é possível verificar a viabilidade técnica da adição de cinza da casca de arroz e sílica ativa na produção deste tipo de concreto.

A adição da cinza de casca de arroz mostrou-se viável, quando adicionado ao concreto. Mesmo com redução de resistência à compressão apresentado pelos concretos dosados com relação água/aglomerante de 0,65, seu uso ainda é possível para solicitações menores, é viável considerarmos por Mpa. As dosagens com relação água/aglomerante 0,47 e 0,55 mostraram resultados muito elevados quanto à viabilidade técnica, proporcionando uma melhora significativa do concreto.

O emprego da CCA no concreto abre uma nova perspectiva para sua utilização, visto que apesar de suas vantagens, ainda não existe uma aplicação em massa desse tipo de concreto. Com o surgimento de novas técnicas de dosagem juntamente com novas adições, fazem com que os custos de produção do CAA sejam competitivos com os custos de produção do concreto convencional, isso torna-o essencial para um bom desempenho nas obras de engenharia modernas, que exigem cada vez mais o uso de produtos que atendam suas necessidades.

Ao usar materiais da região de Palmas como a brita 0, a areia média e o cimento CPV-ARI, sílica ativa e CCA mostra que a produção do CAA com adição de cinza da casca de arroz na região é perfeitamente viável.

Assim sendo conclui-se que, a evolução da engenharia está buscando por obras sustentáveis e ambientalmente corretas, vem aos estudos sobre utilização de resíduos industriais e naturais, assim como a utilização do método de dosagem do IPT/EPUSP pode ser muito vantajosa por se tratar de um método rápido, simples e eficiente.

6. Agradecimentos

Deixo expressos meus sinceros agradecimentos às seguintes instituições e pessoas, sem as quais o presente trabalho teria sido impossível:

A Revista Paranoá por essa oportunidade de expor o meu trabalho para instruir outras pessoas.

As empresas Castelão Materiais de Construção, Cerâmica Milenium, Ciplan e Engsik pelos materiais doados para a execução do trabalho.

Ao professor M.Sc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro, pela orientação neste trabalho e, principalmente, pela passagem do seu valioso conhecimento e tempo despendido em nossa pesquisa. Foi uma honra ter trabalhado com o senhor.

7. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991b.5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: concreto ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7219**: Agregados - Determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7215**: Cimento Portland: determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: argamassa e concreto – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos; procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8522**: Concreto: Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão deformação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9778**: Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12653**: Materiais Pozolânicos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 23**: cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 52**: agregado miúdo determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 53:** Agregado graúdo Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 68:** Concreto - Determinação da consistência pelo espalhamento na mesa de Graff, Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 67:** Concreto. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 248:** Agregados Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2003.

ARAÚJO, J.G. **Influência de adições minerais pozolânicas e de finos de pedreira nas propriedades mecânicas e na microestrutura do concreto auto adensável.** Dissertação de mestrado, Goiânia, 2007.

BASTOS, Paulo Sérgio. **Fundamentos do concreto aramado.** Universidade Estadual Paulista. 2006.

BOSILJKOV, V.B. SCC mixes with poorly graded aggregate and high volume of limestone filler. In: **Cement and Concrete Research**, n. 33, p. 1279-1286, 2003.

CAVALCANTI, D.J.H. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto auto adensável visando sua aplicação em elementos estruturais.** Dissertação de mestrado, Maceió, 2006.

DUART, M. A. **Estudo da microestrutura do concreto com adição de cinza de casca de arroz residual sem beneficiamento.** 2008.

EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS (EFNARC). Specification and guidelines for self-compacting concrete. In: EFNARC. 2005.

GAYER, André Luiz Bottolacci; SÁ, Rodrigo Resende. **Concreto auto adensável: uma nova tecnologia à disposição da construção civil de Goiânia**, 2009.

GOMES, P.C.C.; BARROS, A.R. **Métodos de dosagem de concreto auto adensável.** 1 ed. São Paulo: PINI, 2009, pg. 165.

GOMES, Algenor da Silva; MAGALHÃES JÚNIOR, Ariano Martins de (Coord.). **Arroz irrigado no sul do Brasil.** 1. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899p.

GURGEL, Fábio de Lima. **A Cultura do Arroz.** 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE. Ficha técnica. **Indicadores conjunturais – produção agrícola.** 2014.

ISAIA, Geraldo C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** São Paulo: IBRACON, 2007. 2v 1712 p.

LIMA, S. A.; ROSSIGNOLO, J. A.; CAMPOS, M. F. **Pozolanicidade e resistência mecânica de argamassas confeccionadas com cinza da casca da castanha de caju.** Revista Minerva, v. 5, p. 249-256, 2008.

LOTURCO, Bruno. **Sinônimo de construção. Técnica.** São Paulo, 2008

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994 e 2008.

MALHORTRA, V.M.; METHA, P.K. **Pozzolanic and Cimenticous Materials, Advances in Concrete Technology**. Vol. 1 Gordon and Breach Publishers, Canadá 1996.

MEIRA, L. R.; **Propriedades mecânicas e retração do concreto com adição de cinza de casca de arroz natural, sem beneficiamento de moagem**. 2009. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009.

MELO, K. A. **Contribuição a dosagem de concreto auto adensável com adição de fíler calcário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Tradução de Salvador E. Giammusso. São Paulo: Pini, 1997.828p., il.

NUNES, S.C.B. **Betão Auto-Compactável: Tecnologia e Propriedades**. Pós Graduação em Estruturas de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto. 2001, p.198.

NEHDI, M.; DUQUETTE, J.; DAMATTY, E. L.; **Performance of Rice husk ash produced using a new technology as a mineral admixture in concrete**. Cement and Concret Research, 2003, p. 1203-1203.

OKAMURA, H. **Self-Compacting High-Performance Concrete**. International Concrete, v. 19, n. 7, 1997, p. 50-54.

POUEY, M. T; DAL MOLIN, D. **Estudo comparativo da resistência à compressão de concretos com adição de cinza de casca de arroz de diferentes composições morfológicas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO IBRACON, 44, 2002, Belo Horizonte.

SBRIGHI NETO, C. **Agregados para concreto**. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realização. Edição G. C. Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005. pp. 323-343.

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

PRUDÊNCIO JR., L. R. et al. **Utilização de resíduos na construção habitacional**. Cinza de Casca de Arroz. Coletânea HABITARE, vol.4, n.8, p.240-261, 2003.

RÊGO, J. H. S.; FIGUEIREDO, E. P.; NEPOMUCENO, A. A.. **A utilização da cinza de casca de arroz residual (CCA residual) como adição mineral ao cimento em concretos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 44, 2002, Belo Horizonte.

REPETTE, Wellington L. **Concreto auto adensável: Características**. *Téchne*. São Paulo, 2008.

RONCERO, J. **Effect of superplasticizers on the behavior of concrete in the fresh and hardened states: Implications for high performance concretes**. 2000, 189.p. Tese – Escola Técnica Superior D'Enginyers de Camins, Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, 2002.

SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para Sul do Brasil/28**. Porto Alegre/RS. 188 p.

TASHIMA, M. M.; SILVA, C. A. R. L.; AKASAKI, J. L. **Concreto com adição de cinza de casca de arroz (CCA) obtida através de um processo de combustão não controlada**. XXXI Jornada Sud-americanas de Ingeniería Estructural, Mendoza, Argentina, 2004.

TUTIKIAN, B.F.; DAL MOLIN, D.C. **Concreto Auto-adensável**. 1 ed. São Paulo: PINI, 2004 e 2008.