



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

LUDIMILLA DA SILVEIRA FERREIRA

**ESTUDO COMPARATIVO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL COM ADIÇÃO
DA CINZA DA CASCA DE ARROZ SEM CONTROLE DE QUEIMA E SÍLICA
ATIVA**

Palmas - TO

2015

LUDIMILLA DA SILVEIRA FERREIRA

**ESTUDO COMPARATIVO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL COM ADIÇÃO
DA CINZA DA CASCA DE ARROZ SEM CONTROLE DE QUEIMA E SÍLICA
ATIVA**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II para obtenção do título de Engenheira Civil do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, orientado pelo Professor Mestre Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Palmas - TO

2015

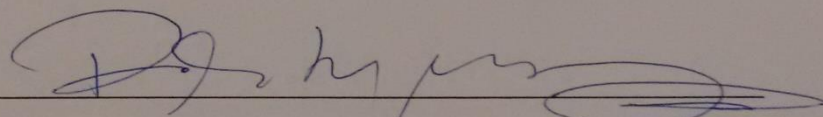
LUDIMILLA DA SILVEIRA FERREIRA

ESTUDO COMPARATIVO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL COM
ADIÇÃO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ E SÍLICA

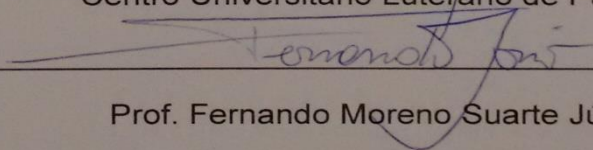
Monografia apresentada como requisito da
disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil,
orientado pelo Professor Mestre Fábio Henrique de
Melo Ribeiro.

Aprovada em 13 de Novembro 2015.

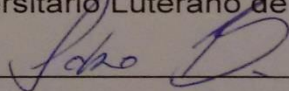
BANCA EXAMINADORA



Prof. M.Sc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Fernando Moreno Suarte Júnior
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Fabrício Bassani dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO

2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha Família,
fonte inesgotável de apoio e motivação;
pessoas que dão à vida graça e sentido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por minha vida, por tudo que sou hoje, a cada dia que posso ver o sol nascer e se pôr e a todas as oportunidades que estou tendo em minha vida.

À minha família, meus amados pais, Luiz e Sebastiana e adorável irmão Pedro Henrique, por todos os ensinamentos e apoio nestes longos anos de caminhada. Nunca esquecendo de prezar a educação, honestidade e simplicidade, e sempre me lembrando que desistir de tudo é muito fácil, mas só persistindo se pode realizar, conquistar e vencer na vida.

Ao meu namorado, Marcio, o meu imenso agradecimento pelo apoio, incentivo, amizade, carinho e compreensão.

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.

Agradeço aos meus familiares, que sempre me apoiaram, em especial meus tios Aparecida e Geraldo, meus primos Giovanna e Yuri, por me compreenderem e apoiarem nas horas mais difíceis desta aventura, o meu carinho a vocês.

A todos os meus professores do Curso de Engenharia Civil, pelos relevantes conhecimentos transmitidos ao longo dos 5 anos de vida acadêmica.

Aos grandes amigos que aqui fiz que serão lembrados sempre com muito carinho: em especial, a Ana Maria Meneses, pelas madrugadas acordadas, pela ajuda e troca de experiências; e também ao Arthur Gonçalves Silva e Luiz Eduardo Teodoro por toda atenção, colaboração, convivência e pelas nossas viagens juntos.

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

Ao Laboratório de Materiais de Construção Civil no CEULP/ULBRA, pelo empréstimo das suas dependências e pela sessão do técnico, Sr. Miller, que repassou toda a sua experiência na realização das tarefas.

A todos que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

“É melhor tentar e falhar do que se preocupar em ver a vida passar, é melhor tentar, embora em vão, do que ficar sem fazer nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar do que dias tristes em casa me esconder, prefiro ser feliz embora louco do que em conformidade viver...”

Martin Luter King

RESUMO

FERREIRA, L.S. Estudo Comparativo do concreto auto adensável com adição da cinza da casca de arroz sem controle de queima e sílica ativa. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Programa de Graduação em Engenharia Civil, CEULP/ULBRA, Palmas – TO.

A adição da cinza da casca de arroz (CCA) contribui na sustentabilidade da construção civil. Quando essa aplicação dá-se em concreto auto adensável o que se prevê as características, além de diminuir os 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 à partir de dois traços: um de referência com adição da sílica ativa de 10% e outro com adições de 5%, 10% e 20% de cinza da casca de arroz 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, foi analisado suas propriedades de resistência a compressão axial, resistência a 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: Concreto auto adensável, Cinza da casca de arroz sem controle de queima, Sílica ativa, Resistência e Viabilidade técnica.

ABSTRACT

FERREIRA, L. S. Comparative study of self compacting concrete with addition of rice husk ash no burn control and silica fume. 2015. Work Course Conclusion (Civil Engineering). Graduate Program in Civil Engineering, CEULP / ULBRA, Palmas - TO.

The addition of rice husk ash (RHA) contributes to the sustainability of construction. When such application occurs in self compacting concrete the features expected are: the reduction of production costs of concrete, reducing negative environmental impact and improves some of the physical and mechanical properties. In this research through experimental dosage, technical viability was analyzed starting from two features: a reference with the addition of active silica 10% and another with additions of 5%, 10% and 20% ash uncontrolled rice husk firing, for each water / binder were dosed 0.47, 0.55 and 0.65 using IPT / EPUSP method according to Tutikian. In addition, it was examined their resistance to axial compression properties, tensile strength in the diametral compression modulus of elasticity and water absorption. This study used materials from the Palmas region: Portland cement V-ARI, silica fume, crushed stone 0, medium sand, superplasticizer and rice husk ash unburned control. The results indicated that it is feasible the addition of RHA in the cement according to the studied levels, so that contributed to their strength, to reduce the consumption of cement and preservation of natural resources.

Keywords: self compacting concrete, rice husk ash no burn control, active silica, resistance and technical feasibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ponte Akashi-Kaikyo

Figura 2: Detalhe da estrutura da Ponte

Figura 3: Ancoragem da Ponte Akashi-Kaikyo

Figura 4: Concreto Auto Adensável

Figura 5: Depósito de casca de arroz a céu aberto

Figura 6: Cimento CP V-ARI

Figura 7: Agregado Miúdo - Areia Média

Figura 8: Agregado Graúdo – Brita 0

Figura 9: Processo de queima da CCA

Figura 10: Processo de queima da CCA

Figura 11: CCA no moinho

Figura 12: Aditivo Superplastificante

Figura 13: Resistência à compressão

Figura 14: Resistência à compressão aos 7, 14, 28 e 45 dia

Figura 15: Resistência à compressão aos 7, 14, 28 e 45 dias

Figura 16: Resistência à compressão aos 7, 14, 28 e 45 dias

Figura 17: Resistência à compressão aos 7, 14, 28 e 45 dias

Figura 18: Resistência à compressão aos 45 dias

Figura 19: Resistência á tração na compressão diametral aos 45 dias

Figura 20: Resistência á tração na compressão diametral aos 45 dias

Figura 21: Resistência á tração na compressão diametral aos 45 dias

Figura 22: Resistência á tração na compressão diametral aos 45 dias

Figura 23: Massa seca e saturada

Figura 24: Ensaio de Modulo de deformação

Figura 25: Ensaio Slump Flow Test

Figura 26: Ensaio Slump Flow Test

Figura 27: Ensaio de J-Ring

Figura 28: Ensaio de J-Ring

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Cálculo da absorção de água

Equação 2: Cálculo do módulo de deformação

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de cimentos

Tabela 2: Teores dos componentes do cimento Portland de alta resistência inicial

Tabela 3: Valores aceitos para equipamentos de trabalhabilidade

Tabela 4: Porcentagem da produção por parte da planta de cinza e sílica

Tabela 5: Valores estimados anual de arroz, casca de arroz e cinza de arroz.

Tabela 6: Dosagem do Traço Referência

Tabela 7: Dosagem do Traço

Tabela 8: Consumo de material utilizado por m³

Tabela 9: Limites de resultados para o slump flow test, segundo diversas referências

Tabela 10: Granulometria dos agregados graúdos e miúdos

Tabela 11: Traços de dosagens calculados

Tabela 12: Resultados da resistência à compressão axial em 7 e 14 dias

Tabela 13: Resultados da resistência à compressão axial em 28 e 45 dias

Tabela 14: Resultados da resistência à tração compressão diametral aos 45 dias

Tabela 15: Resultados de absorção de água por imersão

Tabela 16: Resultados Módulo de elasticidade em GPa

Tabela 17: Resultados do slump flow test

Tabela 18: Resultados do J-Ring

LISTA DE ABREVIATURAS

ABESC: Associação Brasileira das Empresas de Concretagem

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM: American Society for Testing and Materials

CA: Cinza de Arroz

CAA: Concreto Auto Adensável

CAAAD: Concreto Auto Adensável de Alto Desempenho

CCA: Cinza da Casca de Arroz

CCV: Concreto Convencional

CP: Cimento Portland

CP V-ARI: Cimento Portland V-ARI

CP's: Corpos de Prova

CEULP: Centro Universitário Luterano de Palmas

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LEC: Laboratório de Engenharia Civil

NBR: Norma Brasileira

TRSA 10: Traço Rico da Sílica Ativa 10%

TISA 10: Traço Intermediário da Sílica Ativa 10%

TPSA 10: Traço Pobre da Sílica Ativa 10%

TRCCA 5: Traço Rico da Cinza da Casca de Arroz 5%

TICCA 5: Traço Intermediário da Cinza da Casca de Arroz 5%

TPCCA 5: Traço Pobre da Cinza da Casca de Arroz 5%

TRCCA 10: Traço Rico da Cinza da Casca de Arroz 10%

TICCA 10: Traço Intermediário da Cinza da Casca de Arroz 10%

TPCCA 10: Traço Pobre da Cinza da Casca de Arroz 10%

TRCCA 20: Traço Rico da Cinza da Casca de Arroz 20%

TICCA 20: Traço Intermediário da Cinza da Casca de Arroz 20%

TPCCA 20: Traço Pobre da Cinza da Casca de Arroz 20%

SA: Sílica ativa

ULBRA: Universidade Luterana do Brasil

LISTA DE SÍMBOLO

A/C: Água/ Cimento

CaO: Óxido de Cálcio

Cm: Centímetros

°C: Celsius

D: Diâmetro

F: Força máxima

***f_c*:** Resistência à compressão

Fe: Ferro

G: Grama

H₂O: Molécula de Água

K₂O: Óxido de Potássio

Kg: Kilogramas

L: Altura

l: Litros

Mg: Magnésio

Mm: Milímetro

Mpa: Megapascal

M³: Metro Cúbico

N: Newton

Na: Sódio

S: segundos

SiO₂: Dióxido de silício (sílica)

T: Toneladas

***π*:** 3,1415

%: Porcentagem

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVOS	21
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.2 Objetivo Específico	21
1.2 JUSTIFICATIVA	22
2.0 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 HISTÓRICO	24
2.2 DEFINIÇÃO.....	25
2.3 QUALIDADE NA PRODUÇÃO CAA	26
2.4 MATERIAIS	27
2.4.1 Cimento Portland	27
2.4.2 Agregados	29
2.4.3 Aditivos	30
2.4.3.1 Aditivos Minerais	30
2.4.3.1.1 Sílica Ativa	31
2.4.3.2 Aditivos Químicos	31
2.5 ENSAIOS PARA CONTROLE DE TRABALHABILIDADE	32
2.6 CINZA DA CASCA DE ARROZ (CCA)	33
2.6.1 Características Físico-químicas da CCA	35
2.7 CASCA DE ARROZ (CA)	36
2.8 RESISTÊNCIA DO CONCRETO.....	37
2.8.1 Concreto com CCA	37
2.8.2 A influência da adição da CCA nas propriedades do concreto	38
3.0 METODOLOGIA	40
3.1 Classificação da pesquisa	40
3.2 Planejamento da pesquisa	40
3.2.1 Escolha e Caracterização dos materiais	40

3.2.2 Procedimento Laboratoriais	44
3.2.2.1 Dosagens dos Traços	44
3.2.3.2 Ensaios com J-ring Test	46
3.2.3.3 Ensaios com Slump Flow Test	46
3.2.4 Ensaios do concreto no estado endurecido	48
3.2.4.1 Ensaios de Resistência à compressão axial	48
3.2.4.2 Ensaios de Resistência à tração na compressão diametral	48
3.2.4.3 Ensaios de Absorção de Água	48
3.2.4.4 Ensaios de Módulo de Deformação	48
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	64

1.0 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, vêm 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.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- ✓ Estudo das propriedades do concreto auto adensável (CAA) com adição da cinza da casca de arroz sem controle de queima e sílica ativa.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Analisar as propriedades mecânicas dos concretos com o método IPT/EPUSP com os teores de 5%, 10% e 20% de adição da CCA.
- ✓ Verificar através de ensaios laboratoriais, se haverá melhoria nas propriedades do concreto auto adensável no estado fresco e endurecido com adição da CCA sem controle de queima e a Sílica Ativa.
- ✓ Avaliar viabilidade técnica da utilização das diferentes CCA no concreto auto adensável pelo método TUTIKIAN.

1.2 Justificativa

Cada tonelada de arroz produz, gera cerca de 200 kg de casca, resultando em aproximadamente 40 kg de cinza, ou seja, 20% da casca quando sofre combustão é convertida em cinza (METHA, 1994). Pela projeção de produção de arroz do estado do Tocantins, aproximadamente 108.201,6 toneladas, resultam cerca de 159.120 de toneladas de resíduos (casca) e no Brasil o arroz em casca teve 6.230.299 toneladas, que teve crescimento de 31,5% (IBGE, 2014). Assim, é válida a soma de esforços para o aproveitamento de pelo menos parte destes resíduos de modo a diminuir o sério problema ambiental gerado.

Segundo Souza (2008), para a cinza da casca do arroz (CCA), já foram realizadas várias pesquisas para contribui o aumento da resistência à compressão simples, da durabilidade de argamassas e concreto e conseqüentemente à diminuição da porosidade.

A resolução primordial de parte dos problemas ambientais causados por estes seria o reaproveitamento de resíduos, tanto em função da atenuação de desperdícios de recursos naturais, quanto na redução dos impactos ambientais provocados pela disposição final dos resíduos. Esse reaproveitamento desencadeou uma preocupação maior, provocando desde forma o surgimento de uma legislação ambiental muito rigorosa, fazendo com que o gerador de resíduos procure descartá-lo de maneira que não agrida o meio ambiente (TASHIMA, 2004).

Para que novos materiais sejam utilizados na construção civil, eles devem atender as exigências físicas e mecânicas de acordo com a normalização, como por exemplo, ser resistente, durável, trabalhável entre outras características para que sejam melhores ou iguais aos produtos já existentes no mercado. Essas exigências são necessárias porque o setor da construção civil necessita oferecer para o mercado, materiais que tenham boa qualidade e vida útil.

2.0 Referencial Teórico

2.1 Histórico

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).

“O concreto auto adensável (CAA) é uma solução desenvolvida no Japão, no intuito de resolver os problemas com a baixa durabilidade de estruturas de concreto armado, e sua carência de mão de obra qualificada para a realização dos serviços como a compactação das estruturas e de equipamentos para atender as exigências das estruturas com elevadas taxas de armaduras.” (OKAMURA, 1997).

O Japão e vários países europeus adquiriu este tipo novo de concreto que difundiu-se de forma intensa. Atualmente o consumo do CAA na Europa corresponde a 15% de todo concreto consumido (LOTURCO, 2008).

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 (Figura 1), no Japão, com extensão total de 3.911m de vão central e suas ancoragens possui 290.000m³ de concreto auto adensável (Figura 3). A Akashi-Kaikyo tornou-se a ponte com maior vão livre no mundo (GOMES e BARROS, 2009).

Figura 1- Ponte Akashi-Kaikyo



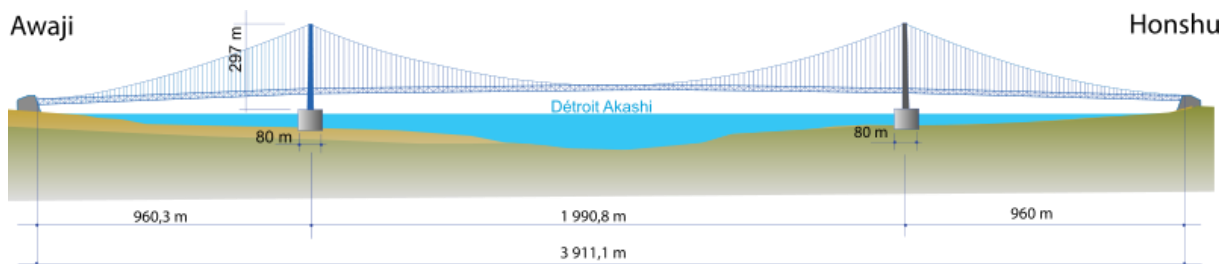
Fonte: Geyer, 2006.

Figura 2- Detalhe da estrutura da Ponte



Fonte: Gigantes do mundo, 2011.

Figura 3 - Ancoragem da Ponte Akashi-Kaikyo



Fonte: Gigantes do mundo, 2011.

O CAA chegou no 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).

A partir de 2004, em cidades como Goiânia, Belo Horizonte, Florianópolis e Porto Alegre que surgiram as primeiras aplicações de CAA em edificações (GEYGER, 2009).3

2.2 Definição

O CAA estabelece uma categoria de material cimentício que pode ser moldado e garante o preenchimento das fôrmas de maneira uniforme e com o mínimo de vazios, sem necessidade de qualquer fôrmas de compactação ou vibração externa (COPPOLA, 2000; ARAÚJO et al., 2003 *apud* REPETTE, 2005, p.1510).

A alta adensabilidade do concreto no estado fresco é descrita como a habilidade de todo material preencher espaços e envolver as barras de aço e outros obstáculos, através, exclusivamente, da ação da força da gravidade, mantendo uma homogeneidade adequada (BOSILJKOV, 2003, p. 1279).

Para um concreto ser definido como auto adensável precisa satisfazer determinadas propriedades, tais como: fluidez, habilidade passante ou coesão e resistência à segregação. (EFNARC, 2002).

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.

Figura 4 – Concreto Auto Adensável.



Fonte: ABESC, 2012

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.

Após inúmeras pesquisas de vários países que estudaram sua adensabilidade, chega-se à conclusão que o CAA (EFNARC, 2002, ARAÚJO e CAVALCANTI, 2006):

- Redução do custo de aplicação por m³ de concreto;
- Garantia de excelente acabamento em concreto aparente;
- Otimização da mão de obra;
- Maior rapidez durante a execução da obra, devido à redução no tempo de concretagem;
- Melhoria nas condições de segurança na obra;
- Eliminação do ruído provocado pelo vibrador;

- Permite bombeamento em grandes distancias horizontais e verticais;
- Eliminação da necessidade de espalhamento e de vibração;
- Possibilidades de trabalho com fôrmas complexas e de pequenas dimensões;
- Melhoria das condições de trabalho;
- Permite o uso de grande volume de aditivos minerais provenientes de resíduos industriais, contribuindo para diminuição do impacto ambiental;
- Redução do custo final da obra em comparação ao CCV;

O CAA pode ser utilizado de várias formas, tanto moldado “in loco” como na indústria de pré-moldados, pode ser dosado no canteiro ou em centrais e também lançado com bombas de concreto, guias ou simplesmente espalhado. Portanto, o CAA é tão versátil quanto o CCV. (TUTIKIAN & DAL MOLIN, 2008).

Tutikian (2004), afirma que o CAA pode obter elevadas resistências a compressão a curto e longo prazo, baixa relação água/cimento, baixa permeabilidade e alta durabilidade, ou seja, o CAA pode ser utilizado com alta resistência, neste caso denominado de Concreto Auto Adensável de Alto Desempenho (CAAAD).

2.3 Qualidade na produção do CAA

A elevada fluidez e resistência a segregação permitem que o CAA elimine defeitos como nichos e falhas de concretagem, que são diretamente responsáveis pelas perdas no desempenho mecânico do concreto e durabilidade da estrutura (COPPOLA, 2000 *apud* REPETTE, 2008, p.57).

“O CAA pode obter elevadas resistências a compressão a curto e longo prazo, baixa relação água/cimento, baixa permeabilidade e alta durabilidade, ou seja, o CAA pode ser utilizado com alta resistência, neste caso denominado de Concreto Auto Adensável de Alto Desempenho (CAAAD)” (TUTIKIAN, 2004).

O CAA mostra diversas características importantes uma delas é a aceleração do lançamento do concreto na estrutura, permitindo concretagens mais rápidas.

Características como o bombeamento em grandes distancias horizontais e verticais, com maior velocidade; aumento das possibilidades de trabalho com formas de pequenas dimensões ou muito detalhadas assim como a significativa redução do tempo gasto em atividades como a vibração e espalhamento do concreto, que no CAA são dispensáveis, são fatores que facilitam em sua aplicação (GEYER; RESENDE, 2005).

Um problema que afeta diretamente o meio ambiente e a sociedade é o grande ruído produzido durante a execução de um obra nos dias de concretagem, com a utilização do CAA para a execução da estrutura reduz-se esse problema, na medida em que não é necessário o uso do vibrador, principal responsável pelo ruído. Com a eliminação dos vibradores observa-se também a economia de energia elétrica (GEYER,2005).

2.4 Materiais

2.4.1 Cimento Portland

Segundo Bastos (2006), todos os tipos de cimento tem em sua composição o clínquer¹, que o torna o principal componente do cimento. A tabela 1 mostra o clínquer utilizado para a fabricação do cimento.

Tabela 1: Tipos de cimentos

Cimento Portland (ABNT)	Tipo	Clínquer + Gesso (%)	Escória siderúrgica (%)	Material pozolânico (%)	Calcário (%)
CP I	Comum	100	-	-	-
CP I - S	Comum	95-99	1-5	1-5	1-5
CP II - E	Composto	56-94	6-34	-	0-10
CP II - Z	Composto	76-94	-	6-14	0-10
CP II - F	Composto	90-94	-	-	6-10
CP III	Alto-forno	25-65	35-70	-	0-5
CP IV	Pozolânico	45-85	-	15-50	0-5
CP V - ARI	Alta resistência inicial	95-100	-	-	0-5

Fonte: NBR 5733/1991.

¹ Clínquer: Rocha calcária britada que tem como matéria prima a argila e o calcário (BASTOS,2006).

Segundo a NBR 5733/1991, o cimento Portland de alta resistência inicial CP V-ARI² é fabricado através da moagem do clínquer Portland e adição de formas de sulfato de cálcio.

O Cimento Portland de alta resistência inicial, ao ser misturado com a água, forma uma mistura fluida, que depende da quantidade de água adicionada. Para fazer o concreto de Cimento Portland de alta resistência inicial, é necessário conter essencialmente cimento, água e agregados, além de ser possível a adição de fibras, pigmentos e aditivos. A proporção desses materiais na mistura é buscada pela tecnologia do concreto, com intuito de adquirir propriedades mecânicas, durabilidade e trabalhabilidade (ISAIA, 2007).

A composição do cimento deve estar compreendida entre os limites fixados na Tabela 2.

Tabela 2: Teores dos componentes do cimento Portland de alta resistência inicial

Sigla	Componentes (% em massa)	
	Clínquer + sulfatos de cálcio	Material carbonático
CP V-ARI	100 - 95	0 - 5

Fonte: NBR 5733/1991.

O CAA não faz restrições quanto ao tipo de cimento que será empregado, em princípio todos os tipos que são usados na produção do concreto convencional podem ser usados no auto adensável, contudo cimentos de maior finura são mais adequados para se obter um produto de elevada resistência (NBR 5733/91).

² ARI: A designação ARI representa o mínimo de resistência à compressão aos 7 dias de idade, ou seja, 34 Mpa.

2.4.2 Agregados

Os agregados são tradicionalmente tratados como materiais de enchimento dentro do concreto, pelo fato de não apresentarem reações químicas complexas quando entram em contato com a água, sendo considerados inertes. Porém, esse tratamento secundário dado aos agregados se mostrou errôneo diante de descobertas acerca da influência que os agregados exercem na trabalhabilidade das misturas, resistência, estabilidade dimensional e durabilidade do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Essas descobertas tem importância para os agregados, porém, só foram possíveis devido à aplicação em larga escala do concreto, ao longo do tempo, tornando-se o papel do agregado mais evidente em anos recentes, quando se deu início ao esgotamento das jazidas de agregado natural de boa qualidade perto dos grandes centros consumidores. Houve, então, um aumento nos custos de transporte e na competitividade entre os produtores de concreto, o que permitiu a conscientização sobre a real importância dos agregados (SBRIGHI NETO, 2005).

No caso do CAA, verifica-se que há necessidade de uma minimização na porcentagem do agregado graúdo utilizado, dando espaço ao uso de partículas finas, necessárias para se obter uma viscosidade adequada. O volume total de agregados, assim como a proporção entre os agregados graúdo e miúdo têm grande influência nas propriedades reológicas do concreto, sendo as características apresentadas por estes de grande importância (MELO, 2005).

Quanto à dimensão dos grãos, os agregados se classificam segundo a norma NBR 7211/2005 em graúdo e miúdo, sendo o agregado graúdo aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a norma NM 248/2003. Os agregados miúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a norma NM 248/2003.

2.4.3 Aditivos

2.4.3.1 Aditivos Minerais

A ASTM C 125 define o aditivo como um material, além da água, agregados, cimentos hidráulicos e fibras, empregado como um constituintes do concreto ou argamassa e adicionado na betoneira imediatamente antes ou durante a mistura (METHA e MONTEIRO, 1994).

Aditivos minerais são materiais silicosos finamente moídos, com granulometria baixa que, quando incorporadas ao concreto, resultam em um efeito benéfico nas propriedades do mesmo e há uma considerável economia de energia e custo (METHA e MONTEIRO, 2008).

Os aditivos minerais, também conhecidos como adições minerais, são materiais finamente moídos, que são incorporados ao concreto com a finalidade de se obter características específicas. Estes são geralmente utilizados em grandes quantidades, com a finalidade de reduzir os custos, melhorar a trabalhabilidade do concreto no estado fresco, podendo até melhorar a sua resistência à fissuração térmica, à expansão álcali-agregado e ao ataque por sulfatos (METHA E MONTEIRO, 1994).

Segundo Metha e Malhotra (1996), os principais benefícios alcançados com a utilização de adições minerais são: ambiental, quando a adição é um resíduo industrial, pois evita que o material seja lançado ao ambiente sem nenhuma finalidade benéfica; econômico, devido à substituição parcial do cimento, o que reduz o consumo de cimento, e conseqüentemente, o custo do m³ do concreto; e tecnológico, pela melhora das propriedades do concreto nos estado fresco e endurecido. Nas propriedades frescas, com relação à fluidez, quantidade de água e ausência de segregação e/ou exsudação. E nas propriedades do concreto no estado endurecido, pela melhora nas propriedades mecânicas, tais como: resistência, permeabilidade e durabilidade, provocada pelo aumento da quantidade de finos e do refinamento dos poros.

Para aumentar a coesão e evitar a segregação do CAA, pode-se usar adições minerais ou modificadores de viscosidade. A escolha da adição mineral é baseada em análises técnicas e econômicas, podendo ser diversas, desde que suas partículas sejam menores do que as do cimento. Além de estarem diretamente ligadas às

propriedades de resistência à segregação, também possuem um papel importante na durabilidade e resistência do concreto (TUTIKIAN & DAL MOLIN, 2008).

2.4.3.1.1 Sílica Ativa

É utilizada principalmente na produção de CAA de elevada resistência à compressão acima de 60 Mpa. A sílica ativa quando empregada em teores de 2% a 5% em relação à massa de cimento há um ganho na resistência a segregação. Entretanto o uso da sílica ativa promove uma maior demanda de aditivos superplastificante e um aumento da tensão de escoamento (REPPETE, 2005).

2.4.3.2 Aditivos Químicos

Os aditivos químicos mais empregados ao CAA são os superplastificantes, comumente adicionados para a obtenção da fluidez e viscosidade necessárias ao concreto. Os superplastificantes são aditivos conhecidos como redutores de água de alta eficiência, por serem capazes de reduzir o teor de água em maiores proporções que os aditivos plastificantes (CHRISTOPHER, 2013).

Segundo Nunes (2001), os superplastificantes de 3ª geração são os mais recomendados para a produção do CAA, quando comparado aos aditivos de 2ª geração, pois, permitem uma maior redução de água, maiores resistências iniciais e manutenção de fluidez por um tempo prolongado.

Para que estes efeitos provocados pela adição do superplastificante sejam satisfatórios, deve ser feito um estudo prévio de compatibilidade e uma adequada caracterização dos materiais empregados (RONCERO, 2000).

Conforme Gomes (2002), um importante passo para a obtenção da dosagem do CAA está na determinação da dosagem do superplastificante em relação a massa de cimento. Alguns estudos recomendam a sua determinação em pastas e/ou argamassas, nesta sequência respectivamente, a fim de se determinar a dosagem ótima de saturação do superplastificante a ser utilizada no concreto, ou seja, o teor máximo de aditivo capaz de promover aumento da fluidez.

Aditivo superplastificante (SP), produto que aumenta o índice de consistência do concreto mantida a quantidade de água de amassamento, ou que possibilita a redução de, no mínimo, 12% da quantidade de água de amassamento, para produzir um concreto com determinada consistência, (NBR-11768 ABNT, 1992).

Os SP são polímeros orgânicos hidrossolúveis obtidos sinteticamente através de um processo de polimerização complexo utilizado na produção de moléculas longas e de massa molecular elevadas. São otimizadas para um mínimo de entrelaçamento necessário, tornando, assim, a aplicação do produto viável (NEVILLE, 1997).

2.5 Ensaios para controle de trabalhabilidade

O conjunto de instrumentos para avaliação da trabalhabilidade do CAA foi desenvolvido especificamente para o CAA. Para cada uma das propriedades que devem ser medidas há um grupo de equipamentos, uns mais aptos que outros e uns mais práticos que outros. A tabela 2 resume os valores mínimos e máximos aceitos pela parte dos pesquisadores para cada equipamento de medição para a trabalhabilidade do CAA.

Tabela 3- Valores aceitos para equipamentos de trabalhabilidade

Ensaio	Unidades	Mínimo	Máximo
Slump Flow	mm	600	750
Slump Flow T _{50cm}	s	3	7
V-funnel	s	6	12
V-funnel (acrécimo tempo)	s	0	3
f-box	(H ₂ / H ₁)	0,80	1,00

Fonte: Tutikian, 2004.

O método mais comumente utilizado para aferir a trabalhabilidade é o de abatimento do tronco de cone, que consiste em um cone de 20cm de diâmetro na

base e 10cm de diâmetro no topo, com altura de 30cm, é realizado moldando-se em três camadas com alturas iguais, adensadas com 25 golpes com barra de 16mm de diâmetro e 60cm de comprimento, ao final da moldagem retira-se o cone e o abatimento é igual à medida entre a altura do cone e o pico do “cone” de concreto (NBR-7223 ABNT, 1992).

Trabalhabilidade é uma propriedade composta de pelo menos dois componentes principais, fluidez, que descreve a facilidade de mobilidade do concreto fresco; e a coesão, que descreve a resistência à exsudação ou à segregação. (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

Trabalhabilidade pode ser definida como a propriedade que determina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto fresco com uma perda mínima de homogeneidade. (ASTM).

Segundo Helene & Terzian (1992), a propriedade do concreto que melhor o qualifica é a resistência a compressão, desde que sua dosagem e preparação tenham sido levados em conta também os aspectos de trabalhabilidade e durabilidade, optando-se por determinada curva granulométrica, tipo e classe de cimento e relação água/cimento e, conseqüentemente resultando uma certa resistência a compressão.

2.6 Cinza da Casca de Arroz (CCA)

O arroz é um cereal cultivado por cerca de 120 países em todos os continentes, sendo um hábito indiscutível da população mundial e que dificilmente sofrerá substituição por outro tipo de grão (GURGEL, 2012).

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.

2.6.1 Características Físico-químicas da CCA

Segundo Milani (2008), a cinza da casca de arroz é gerada através da queima da casca de arroz, podendo ser obtida através de fornalhas, queima a céu aberto e, ainda, em fornos que possibilitem o controle de temperatura.

Com a queima da casca de arroz, a lignina e a celulose são removidas, resultando uma estrutura celular e porosa. Além do alto teor de sílica, essas cinzas geralmente contêm carbono, óxido de potássio (K_2O), óxido fosfórico (P_2O_5), CaO , pequenas quantidades de magnésio (Mg), ferro (Fe) e sódio (Na) (ARMESTO et. al.; 2002).

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 $500^{\circ}C$, o que é evidente ao se analisar difratos de raios x das amostras analisadas (REGO, 2002).

De acordo com os estudos realizados por Pouey & Dal Molin (2002, p.14), a cinza queimada em processo controlado (amorfa) pode ter desempenho no concreto superior à cinza residual – cristalina (sem controle de queima).

A CCA resulta do processo de combustão, apresentando formas de estruturas variáveis dependendo do tipo de queima, tempo e temperatura de oxidação. Vários autores já estudaram a questão da influência das condições de tempo e temperatura de exposição no processo de combustão da CCA (PUEY, 2006).

É prática comum nas indústrias de arroz a utilização da casca do arroz como combustível no processo de beneficiamento de arroz, o que gera uma quantidade considerável de cinza residual que geralmente não tem uma destinação específica sendo simplesmente dispensada no meio ambiente (DUART, 2008, p. 29).

Quando queimada e moída corretamente, a CCA torna-se uma pozolana já estudada por vários pesquisadores no Brasil. Sua utilização é uma ótima solução para a redução da poluição ambiental ocasionada pelo descarte deste material (PUEY, 2006).

Uma característica importante que a CCA deve ter é o índice de atividade pozolânica, que depende da finura da cinza e do teor de Sílica amorfa, e este último é determinado pelo processo de queima da casca de arroz, considerando principalmente os parâmetros de temperatura e tempo de queima (DUART, 2008, p. 32).

Figura 5: Depósito de casca de arroz a céu aberto



Fonte: IBAMA, 2012.

Na Tabela 4 verifica-se a produção de cinza por partes das plantas e observa-se que a casca de arroz gera uma porcentagem maior de cinza e de sílica, demonstrando sua vantagem quando comparada com outros resíduos agrícolas como trigo, milho, girassol e cana de açúcar.

Tabela 4: Porcentagem da produção por parte da planta de cinza e sílica

Cereal	Parte da Planta	Cinza (% em peso)	Sílica (%)
Milho	Folha	12	64
Arroz	Casca	20	93
Arroz	Palha	14	82
Cana de Açúcar	Bagaço	15	73
Girassol	Folhas e Talo	11	25
Trigo	Folha	10	91

Fonte: Mehta, 1992.

2.7 Casca de Arroz (CA)

A tecnologia moderna está intimamente ligada ao desenvolvimento de materiais alternativos, onde, nos dias atuais, a premissa básica é a busca do desenvolvimento sustentável. A indústria da construção civil depara-se com grande potencial na inserção dos resíduos como matérias de construção, tornando-os como subprodutos, reduzindo problemas relacionados aos aspectos ambientais e sociais, através da utilização de sistemas de reciclagem e da busca da sustentabilidade dos processos de produção.

Segundo Prudêncio Jr. (2003), a incorporação de resíduos industriais ao concreto, tais como a cinza de Casca de Arroz (CCA), pode ser uma importante forma de conduzi-la a uma finalidade nobre, ambientalmente correta, tornando uma das soluções para o aproveitamento de subprodutos poluentes.

As possibilidades de aproveitamento da casca de arroz e da cinza da casca de arroz vem sendo objeto de estudo, onde trabalhos apontam soluções para utilização desde subproduto principalmente na indústria da construção.

No Brasil, o aproveitamento da cinza da casca de arroz como material suplementar de cimentos e concretos têm despertado o interesse de vários pesquisadores.

A casca de arroz tabela 3, removida durante o refinamento do grão, é um resíduo derivado do rejeito agrícola de atividades industriais dos produtores de arroz espalhados pelo mundo. Seu baixo valor comercial ou interesse para o uso na agricultura tem causado grandes problemas aos produtores, devido à necessidade de armazenamento desse resíduo (GONÇALVES, 2009).

Tabela 5- Valores estimados anual de arroz, casca de arroz e cinza de arroz.

Produção	Arroz (t)	Casca (t)	Cinza (t)
Mundial	710.000.000	142.000.000	28.400.000
Mercosul	22.630.000	4.526.000	905.200
Brasil	12.546.122	6.230.299	452.400
Tocantins	108.201,6	159.120	-

Fonte: IBGE, 2014.

2.8 Resistência do concreto

Para Metha & Monteiro (1994) a resistência de um material é a sua capacidade de resistir às tensões sem romper.

A resistência é considerada a propriedade mais importante do concreto, embora em alguns casos práticos, as características de durabilidade e permeabilidade sejam mais importantes (NEVILLE, 1997).

A resistência à compressão axial é uma das propriedades mais analisadas do concreto. Na maioria das vezes, à medida que aumenta a sua resistência melhoram as demais variáveis, como estanqueidade, por exemplo, e com os resultados de resistência obtidos é possível determinar os valores de outras propriedades do concreto, como por exemplo, o módulo de elasticidade (MEIRA, 2009).

Segundo Metha & Monteiro (1994), a resistência modifica conforme os parâmetros do corpo de prova (dimensões, geometria e estado de umidade), parâmetros de carregamento (tipo de tensão e velocidade de aplicação da tensão), e resistência das fases componentes, que dependem da porosidade da matriz (relação água/cimento, aditivos minerais, grau de hidratação e teor de ar aprisionado e incorporado), porosidade do agregado e porosidade da zona de transição (em função da relação a/c, aditivos minerais, características de exsudação, grau de compactação, grau de hidratação e a interação química entre o agregado e a pasta de cimento).

Conforme Helene & Terzian (1992), a resistência a compressão é o parâmetro do concreto que melhor o qualifica, considerando que para a dosagem e preparação os seus aspectos de durabilidade e trabalhabilidade tenham sido levados em conta, optando por determinada curva granulométrica, tipo e classe de cimento e relação água/cimento.

Segundo Metha & Monteiro (1994), a resistência modifica conforme os parâmetros do corpo de prova (dimensões, geometria e estado de umidade), parâmetros de carregamento (tipo de tensão e velocidade de aplicação da tensão), e resistência das fases componentes, que dependem da porosidade da matriz (relação água/cimento, aditivos minerais, grau de hidratação e teor de ar aprisionado e incorporado), porosidade do agregado e porosidade da zona de transição (em função da relação água/cimento, aditivos minerais, características de exsudação, grau de

compactação, grau de hidratação e a interação química entre o agregado e a pasta de cimento).

2.8.1 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 exudação, 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 seja inserida 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.

2.8.2 A influência da adição da CCA nas propriedades do concreto

Alguns pesquisadores notaram a influência dos teores de adição ou substituição do cimento pela CCA e suas consequências nas propriedades de concretos com elevado desempenho. Os resultados obtidos sobre as propriedades do concreto são considerados satisfatórios.

É possível substituir mais de 70% do cimento por CCA, porém basta que 10% a 20% de CCA seja inserida para que o concreto se beneficie com ganho de resistência e diminuição de permeabilidade com relação a sulfatos e cloretos (METHA E MONTEIRO, 1992).

O concreto com adição de CCA tende a ter influências benéficas sobre os aspectos relacionados com a durabilidade do concreto, principalmente com a porosidade e permeabilidade (Metha e Monteiro, 1983), mostram os benefícios que a utilização de adições minerais promovem na resistência mecânica e na durabilidade do concreto.

3.0 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

Para a realização dos ensaios utilizou o cimento Portland CPV-ARI de alta resistência inicial, pela praticidade que oferece ao permitir a desforma rápida, tanto de corpos-de-prova, em laboratório, como de elementos estruturais, em canteiros de obra.

Este cimento obedece às exigências da norma brasileira, estando com sua composição química, características físicas, mecânicas e químicas e tem alta reatividade em suas primeiras idades em função do grau de moagem a que é submetido (NBR 5733/91).

Figura 6: Cimento CP V-ARI



Fonte: Próprio autor

- Agregado miúdo

O agregado miúdo foi a areia média, que é proveniente da região de Palmas/TO, a qual é largamente utilizada em obras da nossa região.

Figura 7: Agregado Miúdo - Areia Média



Fonte: Próprio autor

- Agregado graúdo

O agregado graúdo foi utilizado a brita 0, de origem basáltica e proveniente da região de Palmas/TO. Segundo a NBR 7225/1993, tem sua delimitação através da abertura de peneiras quadradas com tamanho mínimo de 4,8mm e tamanho máximo de 12,5mm.

Figura 8: Agregado Graúdo – Brita 0



Fonte: Próprio autor

- Adições Minerais

Cinza da casca de arroz

Utilizamos a cinza da casca de arroz proveniente da Cerâmica Milenum da cidade de Paraiso – TO. Para realizar a queima tem todo um processo, onde primeiramente eles fazem a separação do material, em seguida é jogada em uma esteira que sai do depósito e depois dá acesso aos fornos, onde lá a cinza é queimada de cima para baixo em uma temperatura mínima de 800°C e no máximo 900°C, para retirar a cinza do forno tem um período de 48 horas para esfriar.

Figura 9: Processo de queima da CCA



Fonte: Proprio autor, 2015.

Figura 10: Processo de queima da CCA



Fonte: Proprio autor, 2015.

Figura 11: CCA no moinho



Fonte: Próprio autor, 2015.

Sílica Ativa

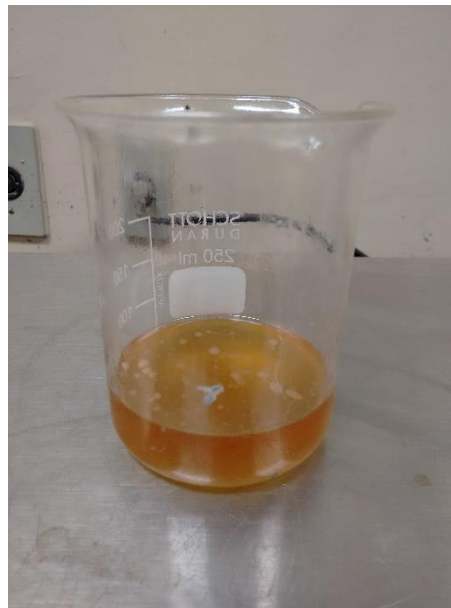
Com utilização da sílica no concreto auto adensável tende a melhorar suas condições de porosidade, a aderência pasta-agregado, e com isso, é capaz de reduzir os processos de lixiviação e aumenta as resistências mecânicas normais e à abrasão.

O uso de adições minerais na produção do CAA é de grande importância, pois a viscosidade requerida neste tipo de concreto é obtida pela presença de grande quantidade de material fino.

- Aditivo

O uso do aditivo superplastificante ele é indispensável na produção do concreto auto adensável para a obtenção da fluidez necessária, de modo que o uso deste vem sendo citado desde as primeiras tentativas de obtenção do CAA.

Figura 12: Aditivo Superplastificante



Fonte: Próprio autor

- Água

A água utilizada para realização dos traços foi proveniente do abastecimento público da Foz Saneatins Odebrecht.

3.1.2 Procedimentos Laboratoriais

3.1.2.1 Dosagens dos Traços

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.

Os primeiros traços que realizamos não foram muitos satisfatórios, fizemos 5 traços e mesmo assim o nosso objetivo não foi alcançado, o concreto ele não virava um CAA, pois, não havia habilidade passante e nem resistência a segregação e sim fluidez. Assim, tivemos que peneirar toda a areia média na malha de # 600mm, a cinza da casca de arroz tivemos que moer no moinho do laboratório de minas e em seguida peneirar na malha # 200mm, a brita foi modificada para a Brita 0, contudo tentamos mais duas vez e mesmo assim ainda não conseguimos fazer um CAA. Analisamos e vimos que estava faltando mais aditivo e água, contudo conseguimos calcular o traço coerente para a realização dos mesmos.

Foram desenvolvidos os seguintes traços no estudo:

Tabela 6: Dosagem do Traço Referência

Dosagens dos Traços	Água/Aglomerante	Traços	% SA	% CCA	Adição Mineral
Traço TISA 10	0,55	01:05,0	10	-	Sílica Ativa
Traço TRSA 10	0,47	01:03,5	10	-	Sílica Ativa
Traço TPSA 10	0,65	01:06,5	10	-	Sílica Ativa

Fonte: Próprio autor, 2015.

Tabela 7: Dosagem do Traço

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

Fonte: Próprio autor, 2015.

Na tabela abaixo indica o consumo de material a serem utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

Tabela 8: Consumo de material utilizado por m³

Nomenclatura	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita 0 (kg)	Sílica (kg)	CCA (kg)	Aditivo (kg)	Água (kg)
Traço TISA 10	322,00	589,47	1.212	32,20	-	4,00	170
Traço TRSA 10	424,00	466,12	1.212	42,40	-	4,00	170
Traço TPSA 10	258,00	663,24	1.212	25,80	-	4,00	170
Traço TICCA 5	339,00	458,73	1.212	-	18,08	4,00	170
Traço TRCCA 5	447,00	466,12	1.212	-	18,08	4,00	170
Traço TPCCA 5	276,00	449,83	1.212	-	18,08	4,00	170
Traço TICCA 10	322,00	458,73	1.212	-	36,17	4,00	170
Traço TRCCA 10	424,00	466,12	1.212	-	36,17	4,00	170
Traço TPCCA 10	424,00	449,83	1.212	-	36,17	4,00	170
Traço TICCA 20	286,00	458,73	1.212	-	72,33	4,00	170
Traço TRCCA 20	377,00	466,12	1.212	-	72,33	4,00	170
Traço TPCCA 20	233,00	449,83	1.212	-	72,33	4,00	170

Fonte: Próprio autor, 2015.

Para este trabalho foi realizado 3 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 Ensaio do concreto no estado plástico

3.1.3.1 Ensaio 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 3 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.

Acessórios:

- ✓ Anel metálico;
- ✓ Tronco de cone;
- ✓ Base do slump flow;
- ✓ Cronômetro;
- ✓ Trena;
- ✓ Concha côncava
- ✓ Espátula;

Ensaio de execução:

- ✓ 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 molde verticalmente e cronometra, até alcançar o círculo de 500 mm, medimos o espalhamento as duas dimensões.

3.1.3.2 Ensaio 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.

Tabela 9: Limites de resultados para o slump flow test, segundo diversas referências

REFERÊNCIAS	ESPAÇAMENTO MÍNIMO	ESPAÇAMENTO MÁXIMO
EFNARC (2002)	650	800
Gomes (2002)	600	700
Gomes et al (2003a)	600	750
Araujo et al (2003)	650	800
Rigueira Victor et al (2003)	600	800
Barbosa et al (2002)	550	700
Peterssen (1999)	650	725
Tutikian (2004)	500	600
Coppola (2000)	600	750
Palma (2001)	650	750

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 500mm do ensaio de espalhamento de Slump Flow Test.

3.1.4 Ensaaios 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;

3.1.4.1 Ensaaios de resistência à compressão axial

A resistência a compressão dos concretos foi verificada por meio de corpos-de-prova cilíndricos com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, com 2 CP's para cada dia. Os ensaios para a determinação das resistências foram realizados no LEC do CEULP/ULBRA, em prensa nas idades de 7, 14, 28 e 45 dias, a partir da moldagem, conforme a NBR 5739/2007, foi atingindo a idade dos ensaios os corpos-de-prova foram mantidos em processo de cura úmida.

3.1.4.2 Ensaaios de resistência à tração na compressão diametral

A resistência à tração dos concretos foi verificada por meio de corpos-de-prova cilíndricos com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, com 2 CP's. Os ensaios para a determinação das resistências foi realizado no LEC do CEULP/ULBRA, em prensa na idade de 45 dias, a partir da moldagem, conforme a NBR 7222/2011. Com o corpo de prova devidamente ajustado e aplicou uma carga em Mpa até a sua ruptura.

3.1.4.3 Ensaaios de absorção de água

O ensaio de absorção de corpo-de-prova de concreto pela NBR 9778/2009. Será realizado na idade de 45 dias, com 2 CP's. O ensaio tem como objetivo medir a

porcentagem de absorção de água no concreto, pois é uma relação que à durabilidade do concreto.

As etapas para o ensaio são:

- ✓ Secar a amostra em estufa na temperatura de 100°C a 110°C por no mínimo 3 dias.

- ✓ Resfriar ao ar até a temperatura ambiente e determinar a massa (A).
- ✓ A amostra deve ser mantida com 1/3 de seu volume imerso em água durante 4 horas, 2/3 por mais 4 horas e completamente imerso por mais 64 horas, totalizando 72 horas (3 dias) de imersão.

- ✓ Secar a superfície da mostra com um pano e pesar (B).

- ✓ Determinar a massa da amostra imersa em água após a saturação utilizando a balança hidrostática (C).
- ✓ Colocar a amostra em um recipiente e ferver por 5 horas. Deixar esfriar por no mínimo 14 horas até a temperatura ambiente.

- ✓ Secar a superfície da amostra com um pano e pesar (D).

- ✓ Determinar a massa da amostra imersa em água após saturação e fervura utilizando a balança hidrostática (E).

3.1.4.4 Ensaio de módulo de deformação

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 (METHA e MONTEIRO, 1994).

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.

4.0 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;
- Ensaio de Resistência à compressão em idades determinadas;
- Desenho dos gráficos de dosagens

Foram realizados os ensaios de granulometria e massa específica dos materiais agregado graúdo, agregado miúdo e cinza da casca de arroz, conforme as normas NBR NM 52 e NBR 248. Os resultados estão abaixo na tabela 11.

Tabela 10: 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 SikaViscoCrete 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 11: 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 aos 7 e 14 dias estão ilustrados na tabela 12, e 28 e 45 dias na tabela 13. Observa –se que os resultado do traço referência TRSA 10 está superior aos outros dois traços referência, podemos perceber que quanto mais finos adicionado maior foi sua resistência.

Figura 13: Resistência à compressão



Fonte: Próprio autor, 2015.

Tabela 12: Resultados da resistência à compressão axial em 7 e 14 dias

Traço	Dias de moldagem	Idades (dias)	Resistência (Mpa)	Idades (dias)	Resistência (Mpa)
TISA 10	28/08/2015	7	30,90	14	37,40
TRSA 10	02/09/2015	7	38,70	14	46,00
TPSA 10	02/09/2015	7	20,20	14	36,10
TICCA 5	02/09/2015	7	33,40	14	31,70
TRCCA 5	02/09/2015	7	36,70	14	25,50
TPCCA 5	03/09/2015	7	23,10	14	19,70
TICCA 10	03/09/2015	7	26,30	14	31,20
TRCCA10	04/09/2015	7	28,80	14	34,10
TPCCA10	03/09/2015	7	14,90	14	17,10
TICCA 20	04/09/2015	7	21,70	14	19,80
TRCCA20	04/09/2015	7	28,90	14	32,90
TPCCA 20	04/09/2015	7	14,10	14	15,90

Fonte: Próprio autor.

Vemos na tabela 13, que o traço referência TRSA 10 aos 45 dias tem sua resistência superior aos outros traços, as resistências de 16,50, 17,20, 18,50, e 18,60

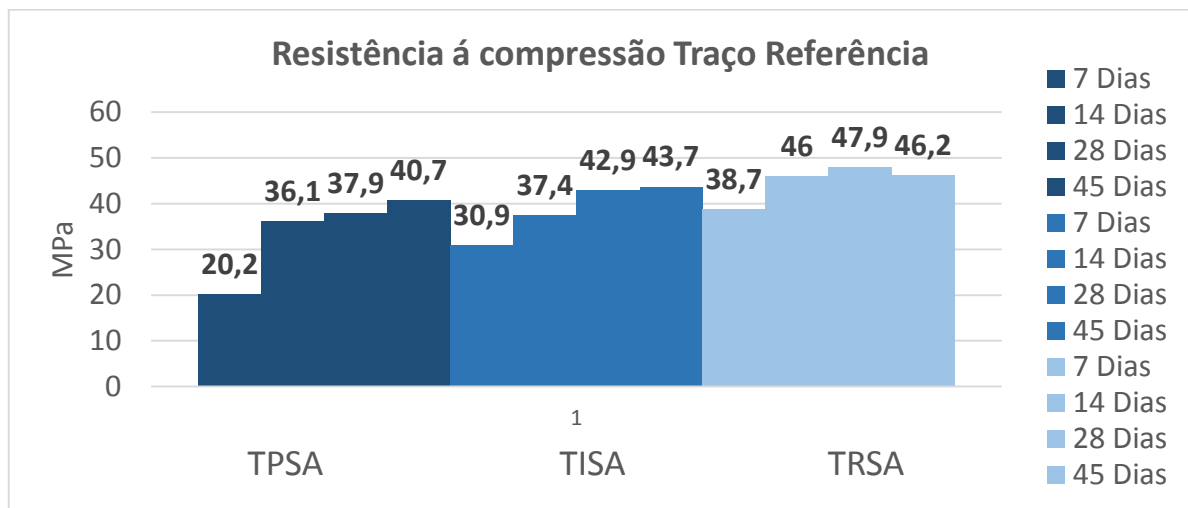
foram inferiores entre as outras. Os traços TPCCA 10 e TICCA 20 são inferiores a do TRCCA 5, observou que quanto maior a relação a/c, menor é a resistência do concreto.

Tabela 13: Resultados da resistência à compressão axial em 28 e 45 dias

Traço	Dias de moldagem	Idades (dias)	Resistência (Mpa)	Idades (dias)	Resistência (Mpa)
TISA 10	28/08/2015	28	42,90	45	43,70
TRSA 10	02/09/2015	28	47,90	45	46,20
TPSA 10	02/09/2015	28	37,90	45	40,70
TICCA 5	02/09/2015	28	39,90	45	33,90
TRCCA 5	02/09/2015	28	32,50	45	37,70
TPCCA 5	03/09/2015	28	24,50	45	23,90
TICCA 10	03/09/2015	28	34,90	45	29,20
TRCCA10	04/09/2015	28	32,10	45	31,30
TPCCA10	03/09/2015	28	16,50	45	17,20
TICCA 20	04/09/2015	28	18,50	45	25,10
TRCCA20	04/09/2015	28	33,60	45	34,10
TPCCA 20	04/09/2015	28	18,60	45	22,90

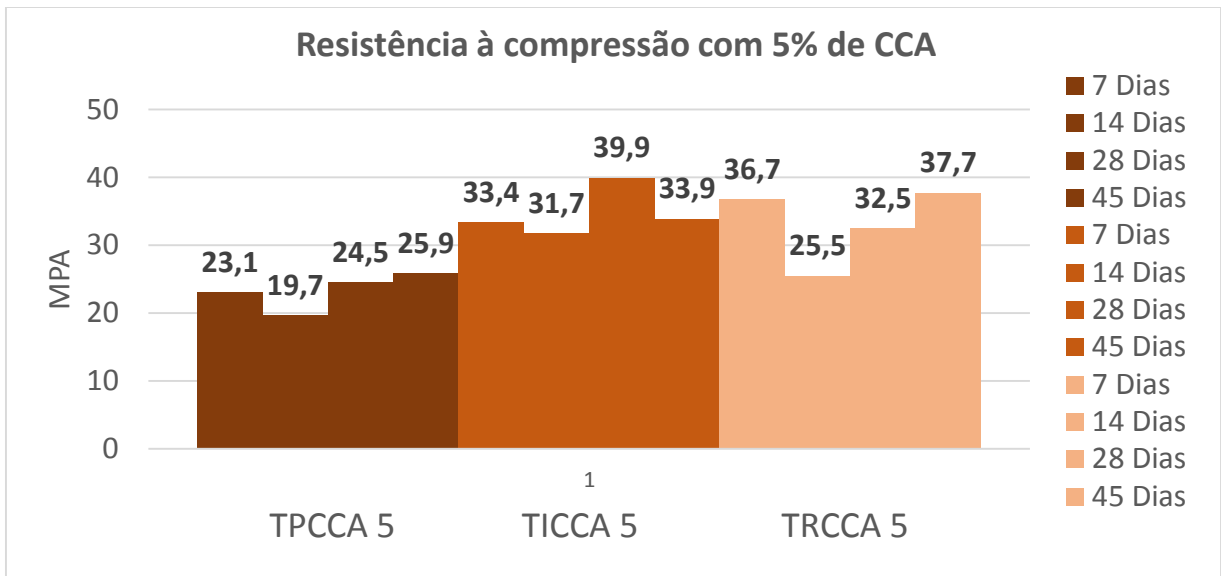
Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 14: Resistência á compressão aos 7, 14, 28 e 45 dias



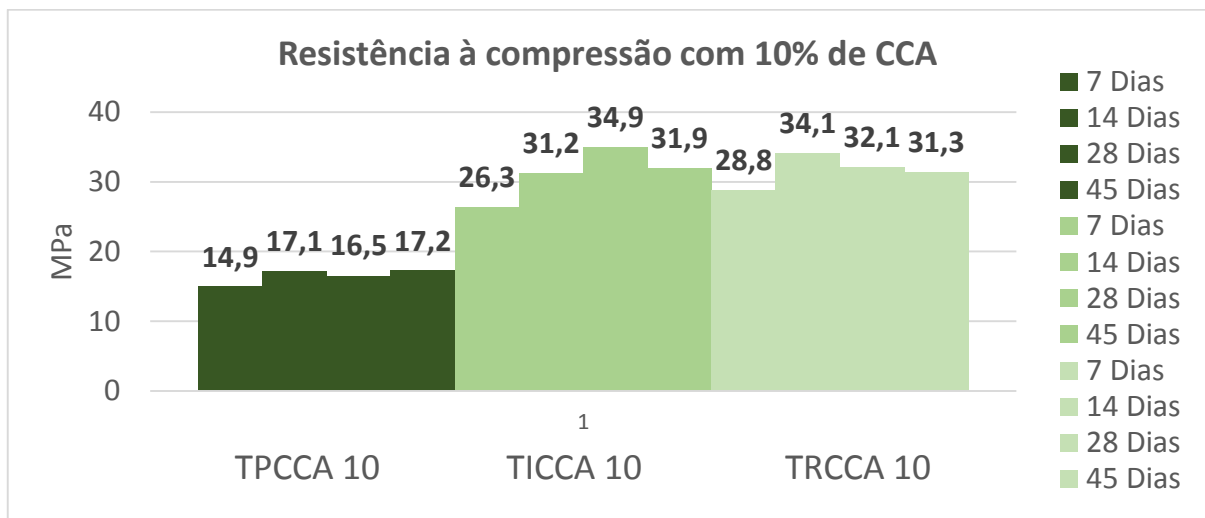
Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 15: Resistência à compressão aos 7, 14, 28 e 45 dias



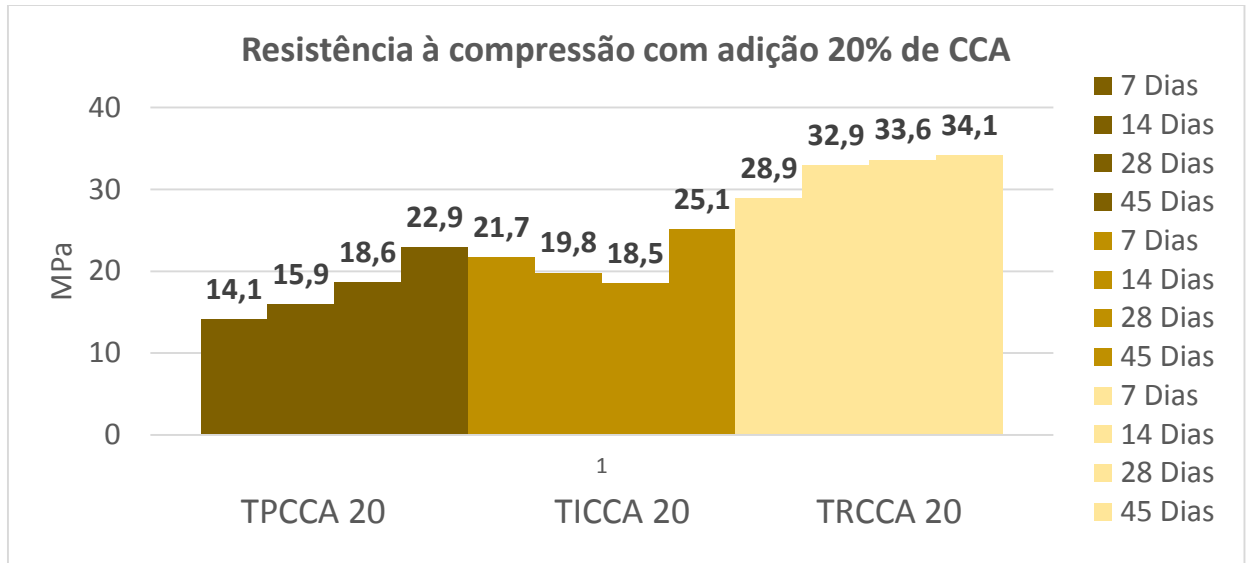
Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 16: Resistência á compressão aos 7, 14, 28 e 45 dias



Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 17: Resistência á compressão aos 7, 14, 28 e 45 dias



Fonte: Próprio autor, 2015.

4.5 Resistência à tração na compressão 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 resultado do traço referência TISA 10 e TRSA 10 está superior aos outros dois traços, podemos perceber que são os mesmos superiores da resistência à compressão.

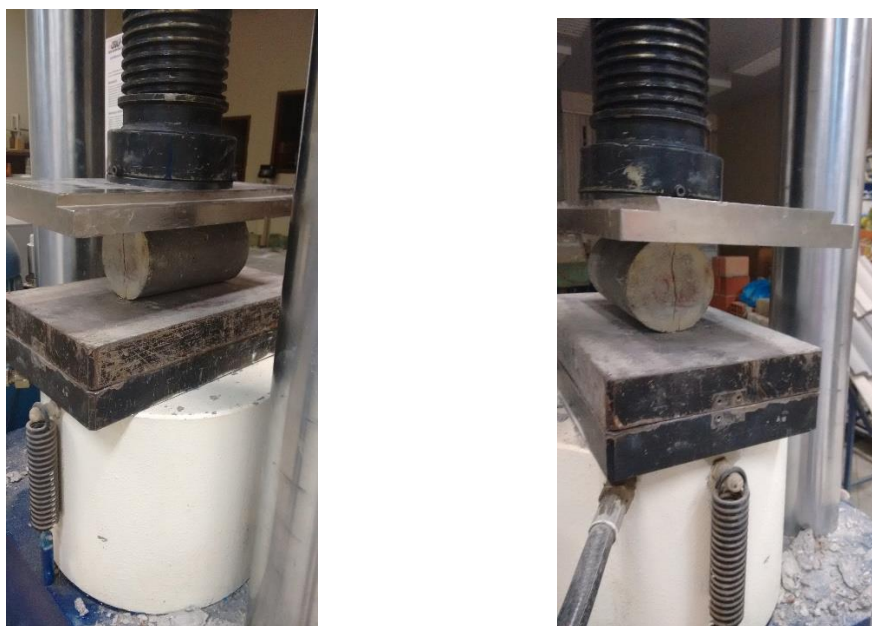
Tabela 14: Resultados da resistência à tração compressão diametral aos 45 dias

Traços	Resistência à Tração
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

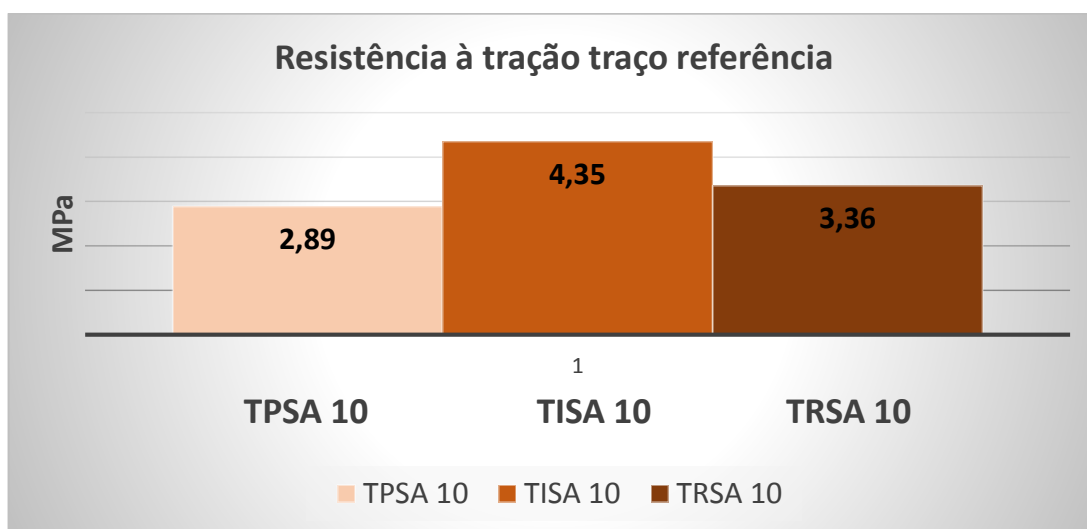
Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 18: Resistência á compressão aos 45 dias



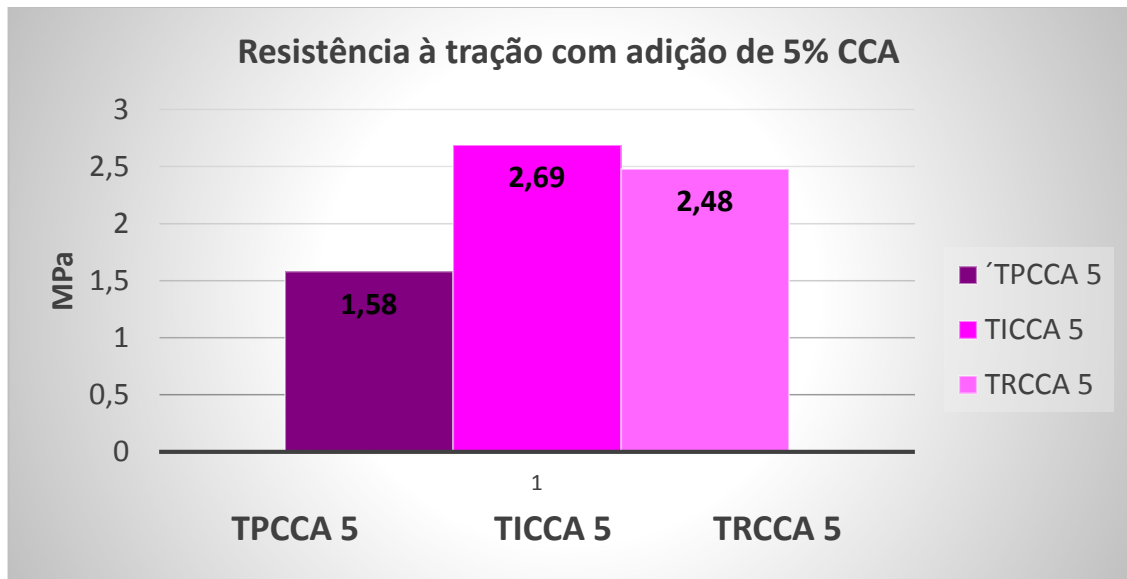
Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 19: Resistência á tração na compressão diametral aos 45 dias



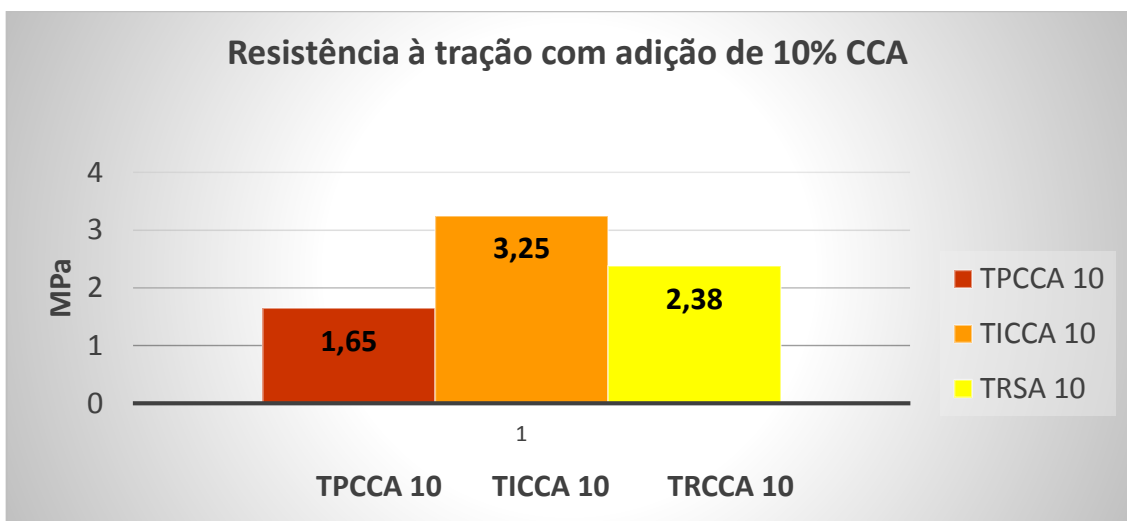
Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 20: Resistência á tração na compressão diametral aos 45 dias



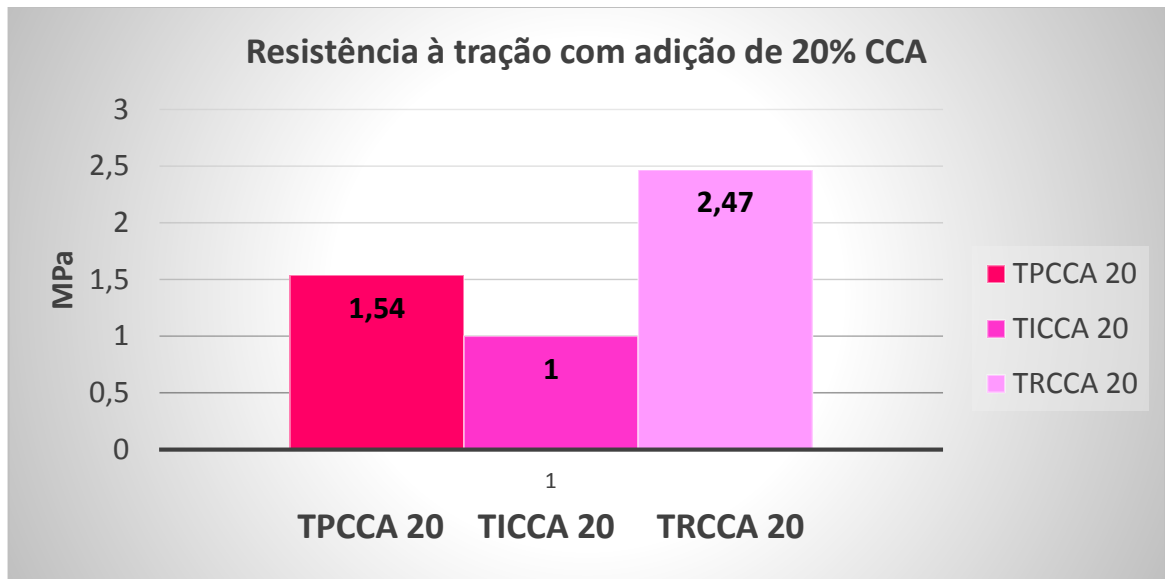
Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 21: Resistência á tração na compressão diametral aos 45 dias



Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 22: Resistência á tração na compressão diametral aos 45 dias

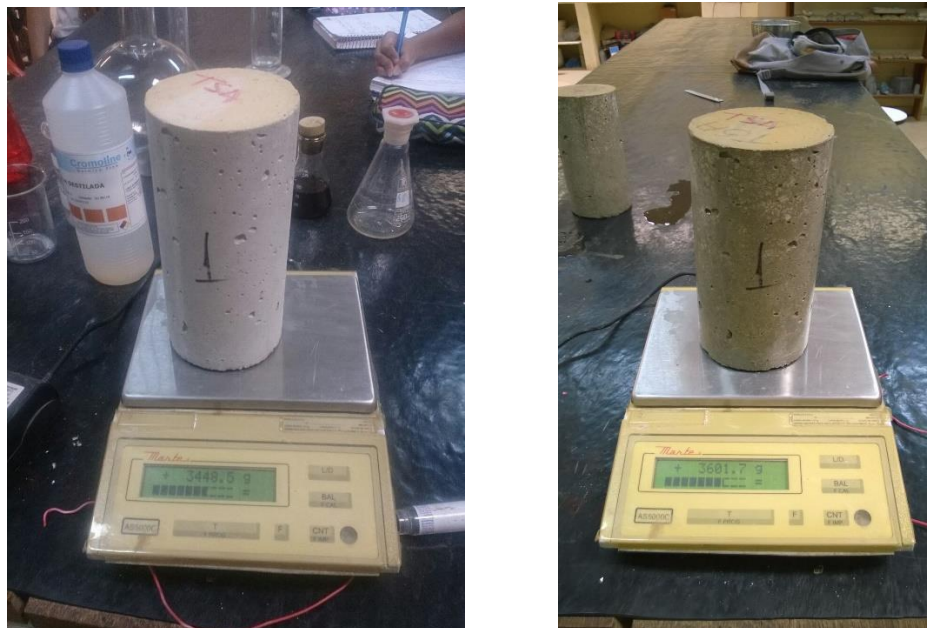


Fonte: Próprio autor, 2015.

4.6 Determinação da absorção de água

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

Figura 23: Massa seca e saturada



Fonte: Próprio autor, 2015.

Tabela 15: Resultados de absorção de água por imersão

Traços	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	2,0	3,64	2,82
TRCCA20	1,71	3,14	2,43
TPCCA 20	5,09	6,68	5,88

Fonte: Próprio autor, 2015.

O ensaio de absorção dos corpos-de-prova com adição da cinza da casca de arroz, mostraram 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.

4.7 Determinação do módulo de estático de elasticidade à compressão

Tabela 16: Resultados Módulo de elasticidade em GPa

	Fb (N)	Fa (N)	ϵ_a	ϵ_b	ϵ_{ci}
TPCCA 5	56.284,50	39250	2,0	3,5	$4,46 \times 10^{-3}$
TRCCA 5	88.848,50	39250	35,0	40,0	$2,16 \times 10^{-3}$
TICCA 5	79.834,50	39250	7,0	8,0	$9,67 \times 10^{-3}$
TPCCA 10	40.506,00	39250	9,0	10,0	$4,66 \times 10^{-3}$
TRCCA 10	73.711,50	39250	6,0	11,0	$1,78 \times 10^{-3}$
TICCA 10	68.766,00	39250	60,0	68,3	$9,96 \times 10^{-3}$
TPCCA 20	19.546,50	39250	34,0	39,0	$3,98 \times 10^{-3}$
TRCCA 20	77.950,50	39250	4,0	10,0	$1,57 \times 10^{-3}$
TICCA 20	59.110,50	39250	76,0	180,0	$6,76 \times 10^{-3}$
TRSA 10	108.801,00	39250	35,0	59,0	$5,57 \times 10^{-3}$
TPSA 10	95.848,50	39250	14,0	30,0	$1,98 \times 10^{-3}$
TISA 10	102.919,50	39250	41,0	55,0	$2,45 \times 10^{-3}$

Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 24: Ensaio de Módulo de deformação



Fonte: Próprio autor, 2015.

4.8 Ensaios de Slump Flow Test e J-Ring

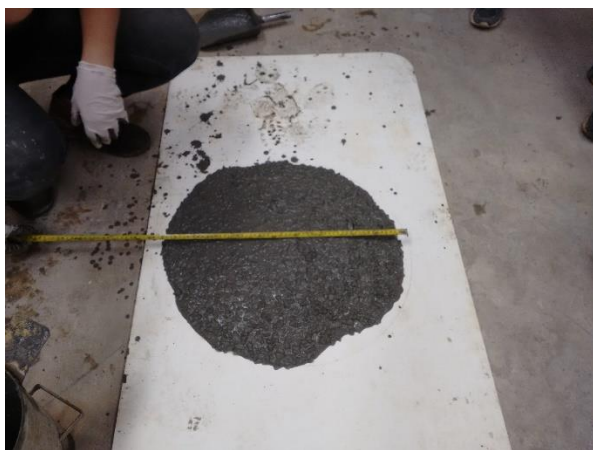
A partir desses ensaios obtivemos os espaçamentos mínimos e máximos solicitado pelo método de dosagem que estamos efetuando, veja nas tabelas abaixo.

Tabela 17: Resultados do slump flow test

TRAÇOS	ESPAÇAMENTO VERTICAL	ESPAÇAMENTO HORIZONTAL
TRSA 10	600	550
TISA 10	500	550
TPSA 10	600	600
TRCCA 5	530	500
TICCA 5	590	600
TPCCA 5	550	560
TRCCA 10	540	520
TICCA 10	580	540
TPCCA 10	590	560
TRCCA 20	580	560
TICCA 20	540	540
TPCCA 20	530	580

Fonte: próprio autor

Figura 25: Ensaio Slump Flow Test



Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 26: Ensaio Slump Flow Test



Fonte: Próprio autor, 2015.

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 18: Resultados do J-Ring

TRAÇOS	ESPAÇAMENTO VERTICAL	ESPAÇAMENTO HORIZONTAL
TRSA 10	600	550
TISA 10	500	550
TPSA 10	600	600
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.

Figura 27: Ensaio de J-Ring



Fonte: Próprio autor, 2015.

Figura 28: Ensaio de J-Ring



Fonte: Próprio autor, 2015.

5.0 CONCLUSÕES FINAIS

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 seja competitivo 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.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 5736**: Cimento Portland Pozolânico. Rio de Janeiro, 1991a.5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 2003a.

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 7218**: Agregados — Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010.

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 7225**: Materiais de pedra e agregados naturais. Rio de Janeiro, 1993. 5p.

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 11579:** Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (n° 200). Rio de Janeiro, 1991.

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 33:** Concreto: Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 45:** Agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

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 65:** cimento Portland determinação do tempo de pega. 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.

Augusto, C. C. **Aplicação de concreto auto adensável em lajes moldadas in loco.** 2013. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

BASTOS. Paulo Sérgio. **Fundamentos do concreto armado.** 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.

CERVO, T. C. **Influência da finura e do teor de pozolanas na penetração de cloretos e na solução aquosa dos poros do concreto.** Santa Maria,2001, 123p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria,2001. 4.

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

DAL RI, M. **Efeitos da adição da cal hidratada em concretos com altos teores de adição mineral na penetração de cloretos e na solução aquosa dos poros do concreto.** Santa Maria,2002, 103p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria,2002. 5.

EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS (EFNARC). Specification and guidelines for self-compacting concrete. In: **EFNARC**. Fevereiro, 2002.

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

GAYER, André Luiz Bottolacci. **Utilização de concreto auto adensável em estrutura de edifícios com custos inferiores ao concreto convencional**, 2009.

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. **Optimization and characterization of high-strength selfcompacting concrete**. Catalunya, Espanha: Tese de Doutorado, Escola Tecnica Superior D'Enginyers de Camins, Universitat Politecnica de Catalunya, 2002.

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

GOMES, N. S. **Influência de ativadores químicos na penetração de cloretos em concretos de misturas binárias e ternárias**. Santa Maria, 2003, 182p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

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

GONCALVES, Gislayne Elisana et al. **Síntese e caracterização de mulita utilizando sílica obtida da casca de arroz**. 2009.

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: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.

MALHORTA, V.M; METHA, P.K. **Pozzolanic and Cimentitious 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.

MILANI, A. P. S. **Avaliação Física, Mecânica e Térmica do Material Solo-Cimento-Cinza de Casca de Arroz e seu Desempenho como Parede Monolítica**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas – SP, 2008.

NEVILLE, A. M. Concrete in the year 2000. In MALHOTRA, V.M(ed). **Advances in Concrete Technology**. Ottawa, 1992, p. 21-78.

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

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 2ª ed. rev. São Paulo: Pini, 1997.

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. F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. 2006.

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. **Método para dosagem de concretos auto-adensáveis.** 2004. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2004.

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