

Concreto de Cimento Portland Tipo III e Sílica Da Casca Do Arroz (SCA): Uma Contribuição à Sustentabilidade

Portland cement concrete and husk rice ash: a contribution to sustainability

Gomes, Carlos Marmorato Gomes (1); Marton; Luiz Fernando (2)

(1) *Professor Doutor, Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP - Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas – SP, CEP: 13083-889 – cemgomes@fec.unicamp.br*
(2) *Engenheiro de Materiais, RHA Solutions, Alegrete/RS*

Resumo

Este trabalho apresenta resultados sobre o potencial de redução dos níveis de CO₂ associados à produção de concretos de cimento Portland por meio do emprego de cimento Portland tipo CP III - E 40 e sílica da casca do arroz (SCA). O emprego da SCA tem sido crescente e constituído uma alternativa concreta para produção de concretos mais sustentáveis, ou seja, concretos associados a menores emissões de CO₂ e pozolanas obtidas de fontes renováveis, tal como a biomassa, em especial, a cultura do arroz. Neste trabalho, adotou-se um traço de concreto como referência e duas composições alternativas para análise do concreto produzido com CP III E – 40 e SCA. Os traços foram ensaiados aos 7, 14 e 28 dias por compressão axial após cura úmida, tendo demonstrado além de efetiva redução das quantidades de CO₂ envolvidas, ser possível também um incremento de resistência mecânica da ordem de 15%.

Palavra-Chave: sílica da casca do arroz; pozolana; sustentabilidade.

Abstract

This paper shows results of the potential reduction of CO₂ levels associated with the production of Portland cement concrete. Portland cement type CP III - E 40 (according to Brazilian standard) and Husk Rice Ash Silica (SCA) were employed. The SCA addition increases the concrete strength and moreover it is a sustainable alternative being associated with lower CO₂ emission and energy production from biomass. In this work was adopted a concrete reference and two alternative compositions to analysis. Different SCA contents were employed. The concretes were tested 7, 14 and 28 days old. The results shown to be possible an effectively reduction of CO₂ involved. Also, it was observed an increase mechanical strength by 15%.

Keywords: Husk Rice Ash; Pozzolan; sustainability.

1 Introdução

A casca do arroz tem se tornado, no Brasil, um grave problema ambiental em virtude da crescente produção agrícola e pela quantidade de gás metano gerada pelo descarte incorreto deste resíduo na natureza^(1,2). Conforme literatura, a cada tonelada de arroz são produzidos cerca de 200 kg de casca in natura^(3,4). Estes números se tornam ainda mais críticos ao considerarmos a produção brasileira, especialmente no estado do Rio Grande do Sul, da ordem de oito milhões de toneladas. Para produção da sílica de casca de arroz (SCA) não basta haver somente a queima, mas sim um processo no qual seja possível fazê-la em condições controladas para manter as características de pozolanicidade. No Brasil, um sistema inovador de combustão por meio de leito fluidizado tem sido bastante

ANAIS DO 57º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2015 – 57CBC

eficiente na produção desta pozolana. Este tipo de combustão melhora não somente a eficiência da queima, mas também permite a extração da sílica da casca de arroz com qualidade constante, alto grau de amorficidade e, consequentemente, aumento da pozolanicidade, possibilitando, assim, sua utilização como adição e/ou substituição parcial do cimento nas dosagens de concretos e argamassas. O potencial de aplicação da sílica da casca do arroz (SCA) foi verificado neste trabalho com intuito não somente da otimização dos teores do cimento Portland, mas também com foco na produção de concretos sustentáveis. Dessa forma, além do problema ambiental relacionado à casca do arroz carbonizada ou in natura, também destaca-se o alto consumo de cimento Portland pela sociedade e os elevados níveis de emissão de gás carbônico na atmosfera durante a produção do clínquer, para cada tonelada produzida são geradas aproximadamente 1 tonelada de CO₂. A possibilidade de uso de uma pozolana oriunda de fontes renováveis tem demonstrado no Brasil ser uma alternativa de grande impacto na sustentabilidade aplicada à construção civil, além de permitir melhor desempenho e durabilidade aos compósitos cimentícios e redução de custos.

1.1 Sustentabilidade na produção do cimento e da SCA

O desabastecimento de energia e necessidade de novas fontes de geração e composição da matriz energética tem influenciado no aumento da queima da casca do arroz, especialmente na região sul do Brasil pelas termelétricas. Dessa forma, o emprego da biomassa é uma oportunidade não somente na oferta de energia, mas também na descentralização do sistema, permitindo seu fornecimento próximo aos grandes centros de consumo. Conforme literatura existem várias formas de conversão da biomassa em energia, sendo as mais utilizadas a combustão direta, a gaseificação e a pirólise. A questão ambiental associada à necessidade de minimização das emissões de CO₂ torna-se favorável o emprego da biomassa, pois o balanço do CO₂ liberado na queima é compensado na realização da fotossíntese, mantendo, assim, equilibrado este sistema.

O emprego da SCA como adição e/ou substituição ao cimento Portland pode ser considerado uma solução de grande impacto na sustentabilidade, sendo seus benefícios não somente relacionados ao processo de geração de energia alternativa, mas também à diminuição do consumo de cimento Portland e maior durabilidade dos concretos de cimento Portland.

Embora a indústria cimenteira tem buscado alternativas importantes na redução dos níveis de CO₂ emitidos na produção do clínquer, tal como o emprego das adições cimentícias, ações importantes ainda são necessárias. Recentemente, destaca-se na indústria do cimento o coprocessamento de resíduos e, consequente, diminuição do consumo dos combustíveis fósseis. No entanto, independente destas ações, a indústria da construção civil deve buscar melhor desempenho e maior durabilidade dos concretos produzidos, além de adotar novos conceitos como a “desmaterialização”. Estas ações e resultados são possíveis de serem obtidos por meio do emprego de pozolanas tal como a sílica da casca do arroz (SCA), promovendo, assim, novas práticas de desenvolvimento sustentável aplicáveis no campo da engenharia civil.

2 Materiais

2.1 Sílica da casca do arroz. A sílica empregada neste estudo foi caracterizada quimicamente apresentando composição conforme abaixo (Tabela 1).

Tabela 1: Análise química da SCA - Fonte: RHA Solutions (2013)

Elemento	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ZrO ₂	P ₂ O ₅	PF
%	93,99	0,20	0,05	0,003	0,51	0,14	1,16	0,02	-	0,36	3,30

A atividade pozolânica da SCA foi verificada pelo método de Chapelle Modificado, sendo obtido como resultado o índice apresentado a seguir (Tabela 2).

Tabela 2 - Atividade Pozolânica da SCA – Método Chapelle - Fonte: RHA Solutions (2013)

Identificação da Amostra	Teor
Nome da amostra	mg Ca(OH) ₂ / g de material
Sílica Ativa – Silcca Nobre – Sílica da Casca do Arroz	1379,37

A seguir, de forma ilustrativa, apresenta-se uma microscopia da SCA (Fig.1) e propriedades complementares (Tabela 3).

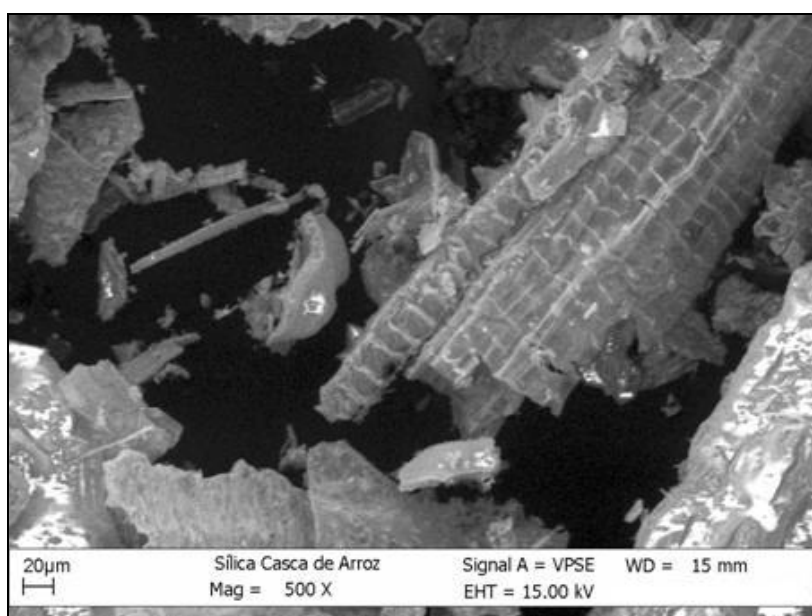


Figura 1 – Microscopia eletrônica de varredura da sílica da casca do arroz – Fonte: RHA Solutions (2013)

Tabela 3 – Propriedades da SCA

Área superficial	Diâmetro médio	Massa específica
21.150 m ² /kg	14,0 µm*	2,17 g/cm ³

* quantidade retida na peneira # 325 mesh (45µm): 2,1%

2.2 Agregado miúdo natural. Neste trabalho foi empregado agregado miúdo natural de procedência quartzosa com as propriedades apresentadas a seguir (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Propriedades do agregado miúdo segundo normas brasileiras NBR 7211 e NBR 9776

Dimensão máxima característica	Módulo de Finura	Classificação	Massa específica
1,2 mm	1,36	ZONA UTILIZÁVEL INFERIOR	2,65 g/cm ³

Tabela 5 – Propriedades do agregado miúdo segundo norma brasileira NBR 7211

Peneira	Material Retido	Individuais	Retido Acumulado
(mm)	(g)	(%)	(%)
9,5	0,0	0	0
6,3	2,4	0	0
4,8	8,9	1	1
2,4	7,2	1	2
1,2	12,0	2	4
0,6	23,0	3	7
0,3	222,6	28	35
0,15	422,7	52	87
Fundo	106,2	13	100
Totais	805,0	100	136

2.3 Agregado miúdo artificial. Neste trabalho também foi empregado como agregado miúdo areia de procedência calcárea britada com as seguintes características (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 – Propriedades do agregado miúdo segundo normas brasileiras NBR 7211 e NBR 9776

Dimensão máxima característica	Módulo de Finura	Classificação	Massa específica
4,8 mm	2,8	ZONA ÓTIMA	2,66 g/cm ³

Tabela 7 – Propriedades do agregado miúdo segundo norma brasileira NBR 7211

Peneira	Material Retido	Individuais	Retido Acumulado
(mm)	(g)	(%)	(%)
9,5	0,0	0	0
6,3	12,1	1	1
4,8	18,2	2	3
2,4	102,9	11	14
1,2	211,8	23	37
0,6	220,8	24	61
0,3	147,1	16	77
0,15	106,3	12	89
Fundo	96,2	11	100
Totais	915,4	100	281

2.4 Agregado graúdo. O agregado graúdo empregado foi de origem basáltica apresentando as seguintes características (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 – Propriedades do agregado miúdo segundo normas brasileiras NBR 7211 e NBR 9776

Dimensão máxima característica	Módulo de Finura	Classificação	Massa específica
25 mm	6,91	BRITA 1	2,76 g/cm ³

Tabela 9 – Propriedades do agregado miúdo segundo norma brasileira NBR 7211

Peneira	Material Retido	Individuais	Retido Acumulado
(mm)	(g)	(%)	(%)
32,0	0	0	0
25,0	0	0	0
19,0	600	7	7
12,5	5800	68	75
9,5	1300	15	90
6,3	650	8	98
4,8	50	1	99
Fundo	100	1	100
Totais	8500	100	691

2.5 Cimento Portland. Foi empregado neste trabalho o cimento do tipo CPII-E 40. Para cálculo do consumo dos materiais foram determinadas suas massas específicas, apresentadas abaixo (Tabela 10).

Tabela 10 – Massa específica do cimento Portland

Massa específica do cimento
3,02 g/cm ³

2.6 Aditivo superplastificante. Foi empregado como redutor de água, aditivo plastificante à base de policarboxilatos.

3 Metodologia

Os teores de cimento Portland foram definidos por meio de três traços de concretos, sendo um de referência e outros dois com emprego da sílica da casca do arroz (Tabela 11). As composições que empregaram a sílica (SCA) obedeceram critérios distintos. Optou-se para a primeira composição com sílica da casca do arroz apenas a adição em massa sobre o total de cimento. Para a segunda composição estudada, foi suprimido 10% do aglomerante em massa, sendo adicionado apenas 3% da SCA. Também, optou-se a adoção da relação água/cimento fixa. Na tabela 11 são apresentadas as composições que foram estudadas.

Tabela 11 – Composições de concretos estudados

Ref.	Cimento	SCA	Agregado miúdo natural	Agregado miúdo artificial	Agregado graúdo	Relação [a/c]	Aditivo plastificante [%]
A	1	0	1,747	1,470	3,000	0,53	0,08
B	1	0,103	1,839	1,609	3,276	0,53	0,08
C	1	0,035	2,000	1,630	3,314	0,53	0,08

Para cada composição foram moldados doze corpos-de-prova cilíndricos, com 10 centímetros de diâmetro e 20 centímetros de altura, conforme procedimentos prescritos pela norma brasileira NBR5738. A determinação do slump obedeceu a Norma Mercosul NBR NM 67. Os ensaios de compressão axial foram realizados aos 7, 14 e 28 dias de idade conforme NBR5739 – Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Também, determinou-se a massa específica, porosidade e índice de vazios conforme NBR9778 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

4. RESULTADOS

Na tabela a seguir, são apresentados os resultados das propriedades físicas dos concretos (Tabela 12).

Tabela 12 – Propriedades físicas dos concretos aos 28 dias

Concreto	Absorção	Massa específica	Porosidade
	[%]	[g/cm ³]	[%]
A	4,5	2,7	11,9
B	5,3	2,1	11,4
C	4,1	2,4	9,9

A seguir, são apresentados os resultados de compressão nas idades de 7, 14 e 28 dias (Fig. 2).

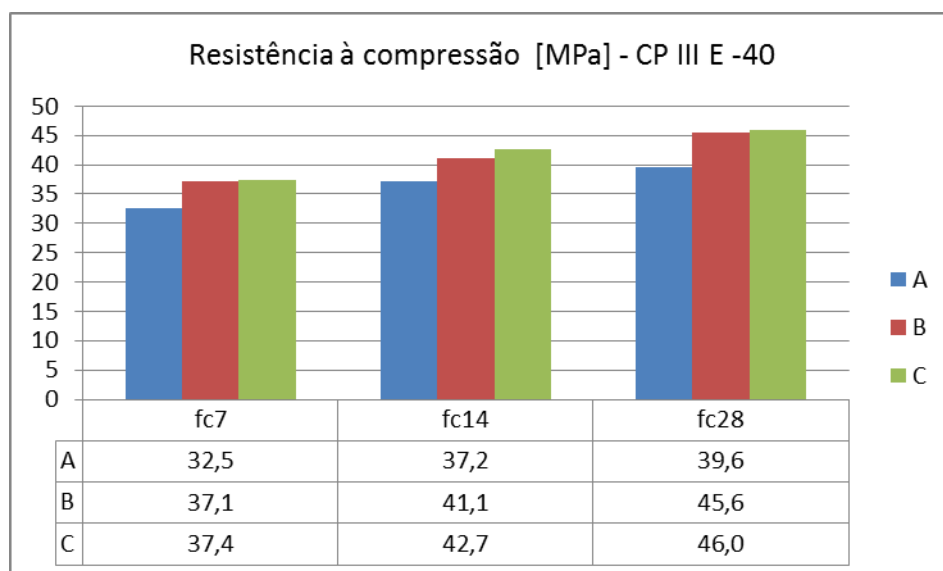


Figura 2 – Resistência à compressão axial dos concretos moldados

A seguir são apresentados os slumps, determinados para cada concreto durante as moldagens dos corpos-de-prova, conform procedimentos estabelecidos pela NBR NM 67 (Tabela 13).

Tabela 13 – Slump test – Abatimento do tronco do cone

Concreto	Abatimento (slump)
	[cm]
A	15,0
B	8,0
C	9,0

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme resultados apresentados verificca-se a eficiência da SCA como pozolana, evidenciada pelo expressivo incremento de resistência mecânica dos concretos produzidos. Isto torna-se claro na comparação entre as composições A (referência) e B (10% de SCA sobre a massa de aglomerante) que obteve incremento de resistência à compressão axial de 15%.

No entanto, a composição C possui maior destaque, sendo esta a qual 10% da massa de aglomerante foi substituída por apenas 3% de SCA com correção do volume de massa produzido junto ao agregado miúdo natural. A finalidade desta composição foi tornar possível a manutenção da resistência à compressão axial e adoção de parâmetros de sustentabilidade, seja estes conferidos pela redução da quantidade de cimento Portland, ou características intrínsecas ao processo de produção da sílica da casca do arroz.

Fica evidente que o emprego da SCA permite maior eficiência da relação custo/resistência, além de colaborar nas práticas de desenvolvimento sustentável aplicadas à construção civil.

A diminuição da porosidade e permeabilidade também foram evidenciadas nas composições com SCA, conforme apresentadas na tabela 13.

CONCLUSÕES

- A sílica da casca do arroz (SCA) obtida pelo processo de queima por leito fluidizado caracteriza-se como excelente alternativa à sílica ativa oriunda da fabricação de ferro-silício ou silício metálico, especialmente no Brasil, grande centro produtor;
- O uso de pozolanas oriundas de biomassa constitui alternativa de grande impacto na construção civil, especialmente devido à redução dos teores de CO₂ relacionados ao alto consumo de cimento e as características intrínsecas do processo de produção da sílica da casca do arroz.

REFERÊNCIAS

- (1) E. Maragon, L.F.M. Marton, et al. *Atividade pozolânica da sílica da casca de arroz produzida por combustão em leito fluidizado*, **55º IBRACON, CBC2013**, Brasil (2013), 10p.
- (2) D. Collatto, F. Viecili, et al. *Utilização da sílica da casca de arroz na produção de concreto usinado em central*, **53º IBRACON, CBC2011**, Brasil (2011), 11p.
- (3) P. K. Mehta *Rice husk ash - A unique supplementary cementing material*. In: Advances in concrete technology. **CANMET**. Ottawa (1992), p. 407-431.
- (4) P.K. Metha and N. Pitt. *A new process of rice utilization*. In: International conference on the utilization of rice by-products. Spain, 1974. Proceedings.Valencia: **IATA, 1977**, p. 45-58.
- (5) D.A. Dafico. *Estudo da dosagem do concreto de alto desempenho utilizando pozolanas provenientes da casca de arroz*. **UFSC**, Florianópolis, Brasil (2001), 191 p.
- (6) ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Brasil (2003), 6p.
- (7) ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Brasil (2007), 9p.
- (8) ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR9778**. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, Brasil (2005), 4p.
- (9) ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR NM 67**. Concreto - Determinação da consistência.