

REAPROVEITAMENTO DA CINZA DE CASCA DE ARROZ PARA A PRODUÇÃO DE UM CONCRETO SUSTENTÁVEL

RESTORING RICE GRAY ASH FOR PRODUCTION OF A SUSTAINABLE CONCRETE

Priscila Marques Correa,
Docente em Engenharia Unisul, Campus de Itajaí
priscila.correa@animaeducacao.com.br

Resumo:

O aumento da população, associado à avanços tecnológicos obtidos nas últimas décadas, e a falta de cuidados ambientais, tem como consequência à emissão de gases tóxicos, pode-se verificar a produção de enormes quantidades de resíduos, que sem um local adequado para a sua disposição final. Dentre os resíduos agrícolas, destaca-se o grande volume de cinza de casca de arroz (CCA) produzida pela indústria do arroz. Uma das alternativas para evitar esse descarte inadequado é a reutilização da CCA em outros âmbitos produtivos, como a construção civil. O presente trabalho apresenta como objetivo a verificação da influência da CCA como substituto parcial do cimento em diferentes teores (0%, 20% e 30%.) onde foram avaliadas: resistência à compressão axial, módulo de elasticidade e resistência à compressão diametral do concreto estrutural. Através dos ensaios realizados, foram possíveis observar um aumento da resistência axial e diametral do concreto, um ganho de aproximadamente 15% e 20% para a substituição de 20% e 30% respectivamente. O módulo de elasticidade do concreto apresentou um incremento de 9% e 12% com a substituição parcial do resíduo pelo cimento.

Palavras-chave: Cinza de casca de arroz. Concreto estrutural. Sustentabilidade.

Abstract:

The increase in population, associated with technological advances obtained in recent decades, and the lack of environmental care, result in the emission of toxic gases, it is possible to verify the production of huge amounts of waste, which without a suitable place for its disposal. final disposition. Among the agricultural residues, we highlight the large volume of rice husk ash (CCA) produced by the rice industry. One of the alternatives to avoid this improper disposal is the reuse of CCA in other productive areas, such as construction. The objective of the present work is to verify the influence of CCA as a partial cement substitute in different contents (0%, 20% and 30%.) Where were evaluated: axial compressive strength, modulus of elasticity and concrete compressive strength structural. Through the tests performed, it was possible to observe an increase of the axial and diametric resistance of the concrete, a gain of approximately 15% and 20% for the replacement of 20% and 30% respectively. The elastic modulus of concrete showed an increase of 9% and 12% with the partial replacement of the residue by cement.

Keywords: Rice husk ash. Structural concrete. Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A produção do cimento emite CO₂ em quantidades que representam um elevado risco para o meio ambiente, isso faz com que haja diferentes pesquisas para encontrar alternativas para a redução do uso deste material, utilizado na sua maioria pelo setor da construção civil. Diversos resíduos agrícolas e industriais, como cinzas volantes, sílica ativa, escória de alto forno, cinza de casca de arroz, cinza de sabugo de milho entre outros, foram considerados materiais alternativos ao cimento e incorporados no concreto para melhorar as suas propriedades, e reduzir a iminência destes resíduos no ambiente.

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz, em 2017/2018 a produção foi de 8.203,8 mil.t, assim há uma grande produção anual de cinza de casca de arroz, dando ideia do grande volume de resíduos descartado.

A CCA é uma alternativa interessante devido sua ampla disponibilidade e alta pozolanicidade, durante a moagem de arroz, este representa cerca de 25% do peso do arroz [1]. A casca contém 75% de matéria volátil orgânica produz cerca de 25% do peso da casca como cinza durante a combustão [2].

A CCA em grande parte é eliminada por queimas sem controle de temperatura, este resíduo é considerado um material pozolânico que quando misturados ao cimento, reagem com a cal liberada durante a hidratação do cimento, dando origem ao cálcio-silicato-hidrato (C-S-H) [3,4].

Diferentes pesquisas avaliaram a influência da CCA na substituição parcial do cimento, em diferentes teores. Malhotra e Mehta [2] relataram que o cimento em substituição parcial pela CCA em uma menor granulometria, resultou em um concreto com uma maior resistência à compressão, ao mesmo tempo reduzindo a absorção de água em maiores teores em que se faça a substituição. Estes resultados foram corroborados por Nagrale, Hajare e Modak [3]; Mauro et al., [4] que afirmaram que a CCA influenciou positivamente na resistência a compressão, não obstante para a resistência a tração não teve uma influência expressiva.

A granulometria da CCA apresenta uma grande influência nas propriedades do concreto, uma menor granulometria, resulta em um concreto com uma maior resistência à compressão quando comparado a um concreto com uma CCA com granulometria mais grosseira aos 28 dias de cura [5]. Um estudo por Cordeiro, Filho e Fairbairn [6] indicaram que a moagem aumenta a pozolanicidade da

CCA produzida pela combustão descontrolada. A redução do tamanho das partículas da CCA favorece para a melhora da reatividade pozolânica.

No presente trabalho foi avaliada a influência da cinza de casca de arroz como substituto parcial do cimento em diferentes teores (0%, 20% e 30%) onde foram avaliadas algumas propriedades mecânicas do concreto como: resistência à compressão axial, módulo de elasticidade e resistência à compressão diametral do concreto estrutural aos 90 dias de cura..

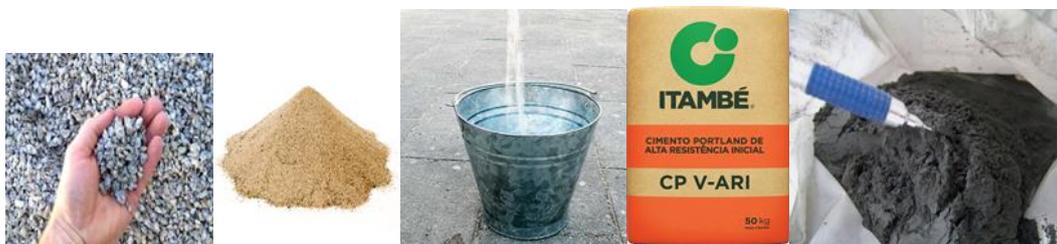
2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 MATERIAIS

Para o desenvolvimento do trabalho serão utilizados os seguintes materiais:

- a) Brita do tipo I de origem basáltica;
- b) A areia do tipo média;
- c) Água utilizada potável;
- d) O cimento do tipo Portland V;
- e) Cinza de casca de arroz é obtida através da queima sem controle da temperatura e foi previamente misturada ao cimento.

Figura 1: Materiais utilizados para a confecção das amostras de concreto.



Fonte: da pesquisa.

2.2 CONFECÇÕES DOS CORPOS DE PROVA

As cinzas tiveram sua granulometria diminuída através da utilização de um moinho de bolas (Figura 2), o moinhos apresenta as seguintes dimensões: 310 mm de altura e 275 mm de diâmetro.

No moinho foram adicionadas 70 bolas com 38 mm de diâmetro cada. A cinza foi moída por 2h. A aparência final do trabalho deve ser a deste documento.

Figura 2: Processo de moagem da CCA.



Fonte: da pesquisa.

Para o programa experimental foram empregados um traço referência de 60 MPa como base para posteriormente realizar a dosagem com os resíduos de CCA. O concreto foi dosado pelo método EPUSP/ ITP. O traço consiste na proporção cimento: areia: brita, e a relação água cimento (a/c), como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Traços de referência.

Traço Referência (60 MPa)
1: 0,92: 2,05
a/c: 0,31

Fonte: da pesquisa.

Todas as misturas foram preparadas em betoneira, conforme procedimento padrão do laboratório. De acordo com a norma NBR 5738 (ABNT, 2015) os moldes 10 cm x 20 cm foram revestidos com uma fina camada de óleo mineral sendo adicionado o concreto nos moldes com 12 golpes consecutivos para a homogeneização da mistura, em duas camadas com a mesma quantidade de concreto. Após o adensamento da última camada é feito o alinhamento da superfície com a borda do molde, empregando para isso uma colher de pedreiro. Os corpos de prova (CP's) permaneceram em molde por 24 h e depois foram desmoldados e devidamente identificados. Para a cura do concreto, as amostras foram deixadas em câmara úmida à temperatura de 23°C e umidade relativa de 95% por 7 dias. Antes de ensaiar os CP's foram retificados para a obtenção da planicidade afim de não interferir nos resultados.

2.3 CARACTERIZAÇÃO

2.3.1 Ensaio de compressão axial

Para o procedimento do ensaio de compressão NBR 5739 (ABNT, 2007), os CP's foram medidos em seu comprimento e diâmetro com um paquímetro analógico. Todos os CP's foram ensaiados após 90 dias de cura em câmara úmida. Para obter-se uma média de resultados, foram ensaiados 3 (três) CP's por traço.

2.3.2 Módulo de Deformação Longitudinal

O ensaio de determinação do módulo de elasticidade do concreto com adições foi realizado conforme a NBR 8522 (ABNT, 2008) – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão.

Um ensaio que consiste na aplicação de carga até 30% da resistência última, com uma velocidade de carga controlada de 0,45 MPa/min, no qual se afere os deslocamentos verticais dos CP's com auxílio de LVDTs (Linear Variable Differential Transformers), que é um tipo de indutor eletromagnético.

2.3.3 Resistência à Compressão Diametral

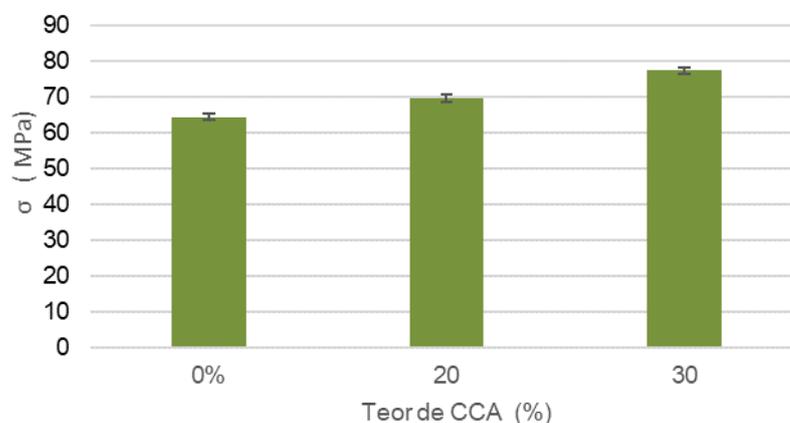
A resistência por compressão diametral foi executada conforme a NBR 7222 (ABNT, 2011) – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de CP's cilíndricos. O ensaio foi realizado em triplicata para cada traço.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 EFEITO DA CCA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

Na Figura 3 está apresentado o gráfico comparativo para os resultados do ensaio de resistência à compressão axial, para as amostras de referência e com a adição de CCA. Observou-se um incremento de aproximadamente 15% da resistência à compressão para substituição em 20% de CCA, e de 20% na resistência à compressão para 30% de CCA quando comparado ao traço sem adição de CCA.

Figura 3: Resistência à compressão axial para avaliação dos traços.



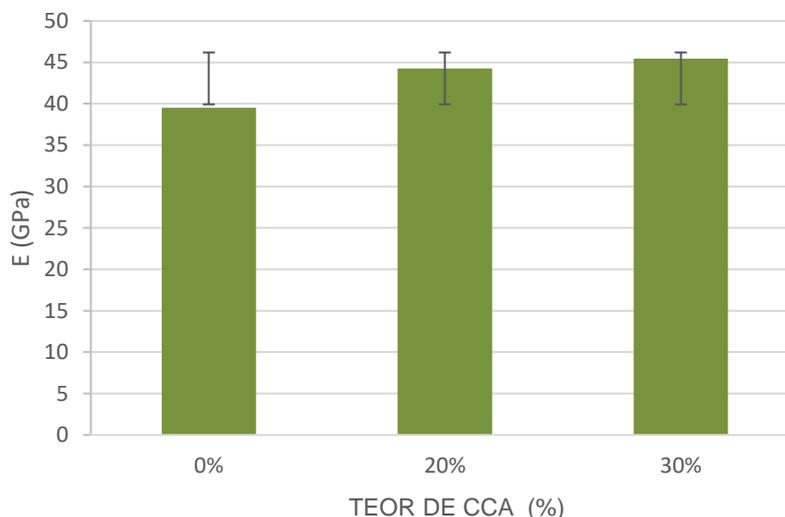
O ensaio foi realizado aos 90 dias de cura devido as relações pozolânicas ocorrerem tardiamente, característica corroborada por Cook, Pamat e Paul [7]; Pushpakumara e Silva [8], onde observaram que as amostras com CCA precisam de um tempo mais longo para reagir com a cal liberada durante a hidratação do cimento para formar compostos. A adição de CCA melhora a resistência à compressão tornando mais densa a microestrutura do concreto com a CCA que reage com o hidróxido de cálcio para produzir mais C-S-H (hidróxido de cálcio hidratado).

Os resultados da resistência à compressão podem ser comparados com Chopra et al. [9] observaram um aumento da resistência à compressão no intervalo entre 36,7 MPa e 41,2 MPa aos 28 dias e 39,6 MPa – 46,4 MPa aos 56 dias para substituições de (0%, 10%, 15% e 20%) com relação água/ cimento de 0,41. Safiuddin et al. [10] observou um aumento na resistência até 56 dias. Aos 28 dias, a resistência à compressão foi registrada entre 42,7 MPa e 94,1 MPa. A resistência máxima à compressão foi observada para adição de 30% de CCA com relação água / cimento de 0,35.

3.2 EFEITO DA CCA NA RIGIDEZ DO CONCRETO

Na Figura 4 pode-se observar que o módulo de elasticidade aumenta com o aumento do nível de CCA, sabe-se que o módulo de elasticidade está diretamente ligado à resistência à compressão. O módulo de elasticidade apresentou um incremento de 9% e 12% para os teores de 20% e 30% respectivamente.

Figura 4: Módulo de elasticidade dos traços.



Ramezianpour et al. [11] avaliaram a substituição do cimento por CCA em 0%, 7%, 10% e 15%, e observaram que aos 28 e 90 dias o módulo de elasticidade aumentou consideravelmente, sendo mais predominante com 7% de substituição. Nesta pesquisa pode-se destacar o sensível aumento da rigidez do concreto com o aumento do teor de CCA, cabe-se salientar que em algumas pesquisas foi verificado que quando se aumenta muito o teor de CCA, ocorre uma redução da resistência à compressão e consecutivamente redução no módulo de elasticidade.

Tashima et al. [13] e Zhang e Malhotra [14] e substituíram o cimento pela CCA em 5% e 10% e observaram uma redução do módulo com o aumento do teor de aproximadamente 10% em todos os tempos de cura avaliados. O comportamento é influenciado por diversos fatores: granulometria da CCA, traço empregado, granulometria dos agregados.

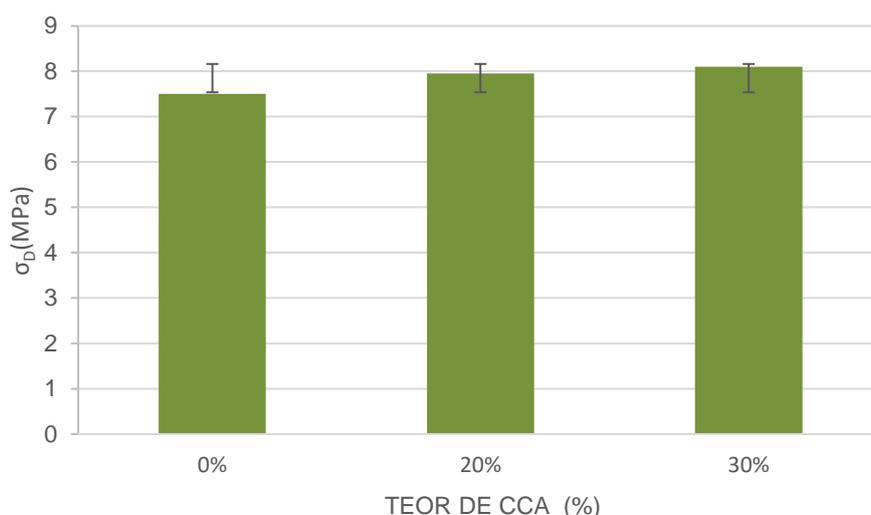
Feng et al. [12] mostraram que a presença de CCA no concreto aumentou o módulo de elasticidade em 25% e atribuíram isso às partículas finas do resíduo, que foram eficazes no preenchimento de poros, resultando em uma melhor zona de transição entre o agregado e a matriz cimentícia

3.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

A resistência à tração é uma das características do concreto que é necessário para o projeto de elementos estruturais de concreto. A resistência à tração do concreto referência e com adição de CCA

aos 90 dias cura. As resistências são apresentadas na Figura 5, como pode se observar, a resistência à tração aumenta com o aumento no teor de CCA, até os 20% e um sensível aumento com 30% de substituição de cimento por CAA.

Figura 5: Resistência à tração por compressão Diametral.



Chopra et al. [9] verificaram a influência da adição de CCA em diferentes teores: 0%, 10%, 15% e 20% de CCA. Os resultados revelaram que até 15% de substituição a resistência à tração aumentou, mas com 20% de CCA apresentou uma pequena queda as resistência. Rahman et al. [15] investigaram a resistência à ruptura incorporando diferentes níveis de substituição de CCA de 0%, 20%, 30% e 40%. Os resultados mostraram que a incorporação de 20% de CCA apresentou um aumento da resistência e com o acréscimo do teor de CCA ocorre uma redução da resistência à ruptura, devido a aglomeração deste resíduo em maiores teores, dificultando a dispersão.

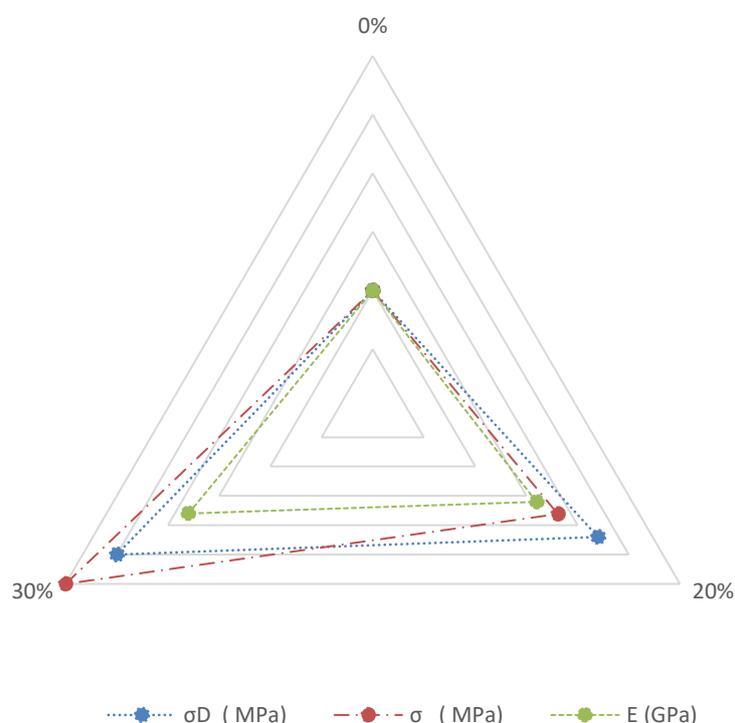
Observa-se que o efeito da CCA (adição de 20% e 30% em relação à massa de cimento) provoca um aumento da resistência à tração por compressão diametral de 15% e 20% respectivamente..

3.4 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA CCA NAS PROPRIEDADES AVALIADAS

Na Figura 6 é apresentado um gráfico do tipo radar com os teores avaliados na presente pesquisa correlacionados aos ensaios de caracterização do concreto. Nota-se que para a resistência a

compressão axial a incorporação da CCA teve maior influência para o teor de 30% de substituição e relação a resistência a tração na compressão diametral e módulo de elasticidade para ambos os teores foram quase equivalente. Esse comportamento é corroborado por diversas pesquisas citadas ao longo do trabalho, onde autores observaram que a influência da incorporação do resíduo é mais predominante para a resistência a compressão axial.

Figura 6: Gráfico radar para as propriedades avaliadas.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um estudo experimental foi realizado para obtenção das propriedades mecânicas do concreto contendo CCA. Além disso, levando os resultados dos ensaios em consideração, as seguintes considerações finais podem ser feitas.

A adição da CCA aumentou a resistência a compressão do concreto quando comparado ao referência. Sendo mais evidente para o teor de 30% de CCA onde ocorreu um incremento de 20% na resistência, provavelmente devido as partículas reativas de CCA que reagem com água e hidróxido de cálcio para produzir C-S-H resultando em uma microestrutura mais densa.

Adicionando CCA em 20% e 30%, o módulo de elasticidade aos 90 dias aumenta em 15% e 20% para os teores de substituição de 20% e 30% em comparação com o concreto convencional.

A resistência à tração do concreto apresentou um aumento de 9% e 12% para os teores de 20% e 30% respectivamente quando comparado ao concreto convencional.

Os benefícios ambientais e econômicos da reutilização da CCA em substituição parcial do cimento para a produção do concreto também pode ser significativa. Neste estudo, a avaliação do concreto foi realizada através da avaliação das propriedades mecânicas.

REFERÊNCIAS

C.S. POON, S.C. Kou, L. Lam, **Compressive strength, chloride diffusivity and pore structure of High Performance metakaolin and silica fume concrete**, Constr. Build. Mater. 20 (2006) 858–865.

D. CHOPRA, R. Siddique, Kunal, Strength, **permeability and microstructure of self-compacting concrete containing rice husk ash**, Biosyst. Eng. 130 (2015) 72–80

D.J. COOK, R.P. Pamat, B.K. Paul, **Rice husk ash-lime-cement mixes for use in masonry units**, Build. Environ. 12 (1977) 281–288. [39] B.H.J.

FENG, Q., et al., 2004. **Study on the pozzolanic properties of rice husk ash by hydrochloric acid pretreatment**. Cem. Concr. Res. 34, 521-526.

FOONG, K. Y., Alengaram, U. J., Jumaat, M. Z. and Mo, K. H. (2015). **Enhancement of the mechanical properties of lightweight oil palm shell concrete using rice husk ash and manufactured sand**. Journal of Zhejiang University-SCIENCE A (Applied Physics & Engineering, 16 (1), 59–69.

G.A. HABEEB, M.M. Fayyadh, **Rice husk ash concrete: the effect of RHA average particle size on mechanical properties and drying shrinkage**, Aust. J. Basic Appl. Sci. 3 (2009) 1616–1622.

G.C. CORDEIRO, R.D.T. Filho, E.D.R. Fairbairn, **Use of ultrafine saw dust ash with high-carbon content as pozzolan in high performance concrete**, Mater. Struct. 42 (2009) 983–992. [17] S. Rukzon, P. Chinda

M. SAFIUDDIN, J.S. West, K.A. Soudki, **Hardened properties of self-consolidating high performance concrete including rice husk ash**, Cem. Concr. Compos. 32 (2010) 708–717.

M.E. RAHMAN, A.S. Muntohar, V. Pakrashi, B.H. Nagaratnam, D. Sujan, **Selfcompacting concrete from uncontrolled burning of rice husk and blended fine aggregate**, Mater. Des. 55 (2014) 410–415.

M.T. MAURO, C.A.R. Da Silva, L.A. Jorge, M.B. Barbosa, **The possibility of adding rice husk ash to the concrete**, 2007.

PUSHPAKUMARA, G.H.M.J.S. De Silva, **Characteristics of masonry blocks manufactured with rice husk ash (RHA) and lime**, Engineer XXXXV (2012) 1– 10.

RAMEZANIANPOUR, A.A., Khaw, M.M., Ahmad, Gh, 2009. **The effect of rice husk ash on mechanical and durability of sustainable concretes**. Int. J. Civil Eng. 7 (2), 8391. Real, C., et al., 1996. Preparation of silica from rice husks. J. Am. Ceram. Soc. 79 (8), 2012-2016

S.D. NAGRALE, H. Hajare, P.R. Modak, **Utilization of rice husk ash**, Int. J. Eng. Res. 2 (2012) 1– 5.

TASHIMA, M.M. et al., 2005. **Influence of rice husk ash on mechanical characteristics of concrete**. In: Proceedings of the Fourth International ACI/CANMET Conference on Quality of Concrete Structures and Recent Advances in Concrete Materials and Testing, pp. 780-790.

V.M. MALHOTRA, P.K. Mehta, **Pozzolanic and Cementitious Materials**, London Taylor Fr. 2004.

ZHANG, M.H., Malhotra, V.M., 1996. **High-performance concrete incorporating rice husk ash as supplementary cementing material**. ACI Mater. J. 93 (6), 629636.