



Simpósio Brasileiro de Tecnologia das

ARGAMASSAS

28-30 | Abril | 2015 | Porto Alegre | RS

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE SÍLICA DE CASCA DE ARROZ EM ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO

**EVERTON LUIS SOARES⁽¹⁾; FELIPE KLIMACZEWSKI⁽²⁾; ISMAEL TONELLO⁽³⁾;
MARCELO DIAS DE OLIVEIRA⁽⁴⁾; EDERLI MARANGON⁽⁵⁾; LUIZ FERNANDO MARTON⁽⁶⁾**

(1) UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa – evertonsoaresemail@gmail.com;

(2) UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa – felipeaugustoklima@gmail.com;

(3) UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa – ismaeltonello@hotmail.com;

(4) UFSM – Universidade Federal de Santa Maria - marcelod.oliveira@gmail.com;

(5) UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa – ederlimarangon@gmail.com;

(6) RHA Solutions Engenharia – fernando.marton@rhasolutions.com.br;

RESUMO

A sílica de casca de arroz, obtida através da queima da casca de arroz em leito fluidizado na geração de energia elétrica, já é utilizada como adição mineral em concretos, apresentando ganhos de durabilidade e de resistência à compressão. Neste trabalho, foram substituídos 10% de cimento Portland CII-F por porcentagens de 5 e 10% de sílica de casca de arroz em massa, em argamassas de revestimento, com o objetivo de avaliar as propriedades dessas argamassas no estado fresco e endurecido. No estado fresco, a caracterização foi realizada através do ensaio de squeeze-flow e no estado endurecido, foram obtidas as resistências à compressão onde os resultados indicam que a sílica de casca de arroz melhora as características da argamassa no estado fresco e, melhora também, a resistência das argamassas no estado endurecido.

Palavras-chave: argamassa de revestimento, sílica de casca de arroz, squeeze-flow.



Simpósio Brasileiro de Tecnologia das

ARGAMASSAS

28-30 | Abril | 2015 | Porto Alegre | RS

EVALUATION OF SILICA BARK OF USE RICE IN FIXING MORTAR

ABSTRACT

The rice husk silica, obtained by rice husk burning in fluidized bed in the generation of electricity, is already used as mineral admixture in concrete, with durability gains and compressive strength. In this work, we replaced 10% of Portland cement CII – F by percentages of 5 to 10% of bulk rice husk silica coating mortars, in order to evaluate the properties of these mortars in fresh and hardened state. Fresh the characterization was performed by testing squeeze-flow and in the hardened state, the compressive strengths were obtained where the results indicate that the rice husk silica improves the mortar characteristics in fresh and also improve, the strength of the mortar in the hardened state.

Keywords: mortar coating, rice husk silica, squeeze flow.



1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de arroz chegou a 13 milhões de toneladas no ano de 2014⁽⁵⁾, sendo o 9º maior produtor no mundo e tendo o Rio Grande do Sul como responsável por 64,9 % da produção total deste cereal, produzindo um montante de 2,9 milhões de toneladas de casca de arroz.

Com isso, algumas indústrias investem na queima controlada da casca de arroz, como a utilizada neste trabalho, obtida através da combustão em leito fluidizado, produzindo um material com característica predominantemente amorfa que pode ser utilizada na construção civil em substituição parcial do cimento Portland. Ao ser produzido, o cimento Portland consome grande quantidade de energia e emite elevada quantidade de CO₂⁽⁴⁾, o que reforça a justificativa ao uso de sílica proveniente da queima da casca do arroz.

A necessidade de obter maior produtividade nos canteiros de obra, aliada as exigências do mercado, torna cada vez mais importante a busca por formas eficientes e sustentáveis de melhorar as propriedades da argamassa tanto no estado endurecido quanto o comportamento reológico no estado fresco. Ainda que os requisitos essenciais para a produção de argamassas seja os dados finais do estado endurecido, o estudo da argamassa no estado fresco é essencial, sendo que, é nessa condição que o material é utilizado, podendo ter seu comportamento melhorado ao ser introduzido a sílica de casca de arroz em substituição parcial á sua massa de cimento⁽⁵⁾.

Dentro deste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo da utilização de sílica de casca de arroz produzida em leito fluidizado, em substituição parcial, em massa de cimento Portland.

2. MATERIAIS E MÉTODOS



Simpósio Brasileiro de Tecnologia das
ARGAMASSAS
28-30 | Abril | 2015 | Porto Alegre | RS

Para a execução deste trabalho foi utilizado como referência um traço padrão, sendo composto apenas por cal e cimento como aglomerantes (A1), outro com os mesmos constituintes, porém, com substituição de 10% da massa de cimento por 5% de sílica de casca de arroz.

Os materiais utilizados para a composição dos traços estão citados a seguir:

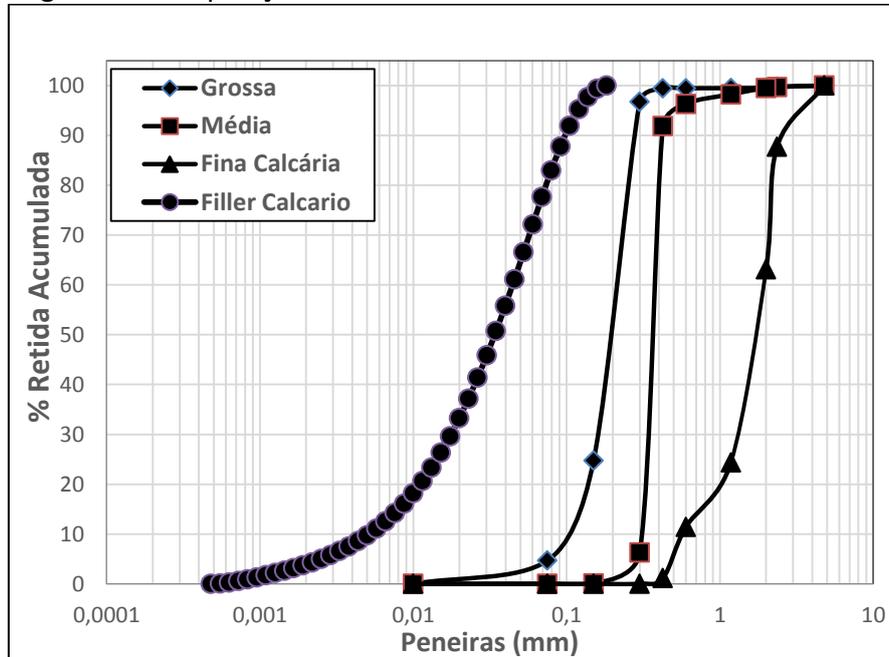
- Areia Fina Calcária.
- Areia Média.
- Areia Grossa.
- Fíler Calcário.
- Cal Hidráulica.
- Cimento CP II – Z 32.
- Sílica de Casca de Arroz.

2.1 Composição Granulométrica

A composição granulométrica de um material é de suma importância para a determinação do empacotamento das misturas nas quais estes serão empregados. Assim sendo, as amostras foram ensaiadas de acordo com a NBR NM 248/03 obedecendo às etapas de redução em campo regidas pela NBR NM 27.

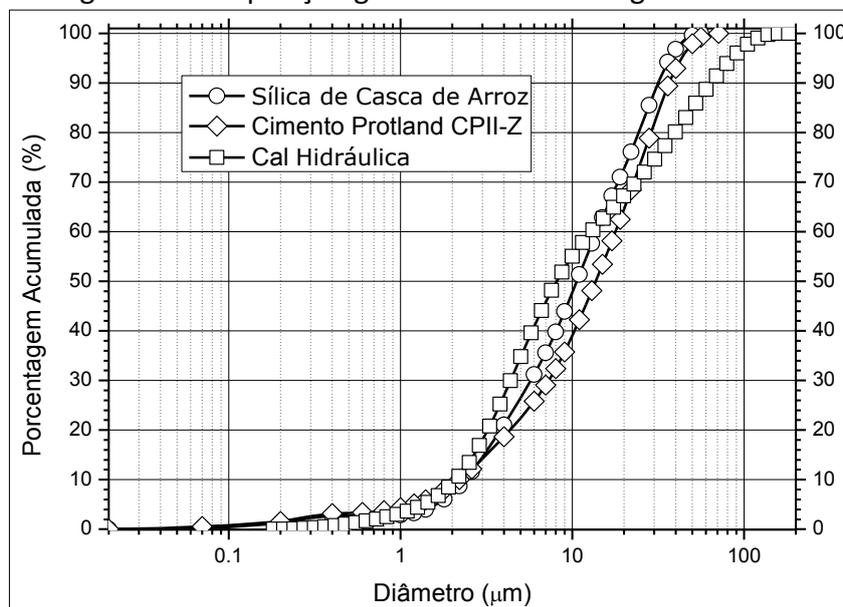
Após executar o peneiramento e pesagem das massas retidas em cada peneira, foi possível a construção das curvas granulométricas que podem ser visualizadas na Figura 1.

Figura 1 - Composição Granulométrica das areias e do filler calcário.



A figura 2 mostra as composições granulométricas obtidas para o Cimento Portland CP II Z 32 e da sílica de casca de arroz obtidas por granulometria a laser. O cimento apresenta como média um tamanho de grãos de 16,99 μm enquanto a sílica de casca de arroz 14,11 μm , ou seja, as curvas granulométricas destes dois materiais são praticamente iguais. É importante salientar que o ideal seria que as curvas granulométricas fossem diferentes e escalonadas, ou seja, cada material apresentar uma granulometria, superior ou inferior, quando comparadas às curvas. Assim, poderia proporcionar um melhor arranjo das partículas e conseqüentemente aumentar a compacidade entre os materiais tendo uma contribuição maior do efeito físico, já que uma partícula poderia fechar o espaço vazio deixado pela outra de tamanho maior.

Figura 2 - Composição granulométrica dos aglomerantes.



As massas específicas dos agregados miúdos foram determinadas através da NBR NM 52, enquanto as massas dos aglomerantes e materiais em pó (como o fíler) foram determinadas de acordo com a NBR NM 23/00. O item 8.1 da NBR NM 23 prescreve que dois ensaios de um mesmo material executados pelo mesmo operador não deve exceder $0,02 \text{ g/cm}^3$, portanto, os ensaios foram realizados em quantia superior ao citado para poder atender a esta normativa.

Tabela 1- Massas específicas dos materiais.

Material	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Cimento	Fíler	Cal
Massa Específica (g/cm^3)	2,82	2,78	2,81	2,97	2,87	2,53

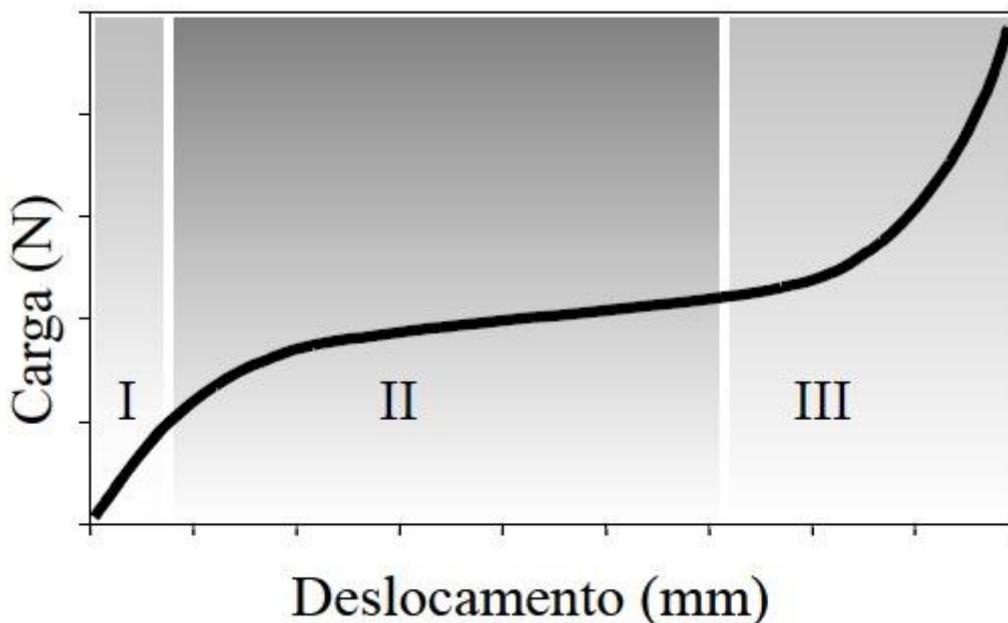
2.2 Ensaios Reológicos no Estado Fresco através do método de Squeeze Flow Test

O método do ensaio Squeeze Flow foi utilizado para determinar o comportamento reológico de argamassas é normatizado pela NBR 15839/2010.

Com este ensaio, é possível obter o controle da magnitude das deformações, juntamente com as taxas de cisalhamento que são aplicadas ao material, podendo ter seu deslocamento e força controlados. O mesmo permite a determinação de parâmetros reológicos como tensão de escoamento e viscosidade, possibilitando simular os esforços dos quais são submetidos às argamassas na prática ⁽¹⁾.

Após a realização do ensaio são gerados os gráficos de carga x deslocamento que apresentam curvas com um perfil típico, apresentando três regiões que são mostradas na Figura 3⁽²⁾.

Figura 1 - Perfil típico de curva x deslocamento de um ensaio de Squeeze Flow realizado com deslocamento controlado ⁽²⁾.



O estágio I do gráfico da Figura 1 representa pequenos deslocamentos no qual o material comporta-se como um sólido que há apenas deformação elástica, apresentando uma região com relação linear entre a carga e o deslocamento que, provavelmente, refere-se à tensão de escoamento do material. Argamassas que necessitam de um deslocamento maior para entrar na fase plástica tendem a fissurar devido à recuperação elástica após a retirada do esforço ⁽²⁾.



Simpósio Brasileiro de Tecnologia das

ARGAMASSAS

28-30 | Abril | 2015 | Porto Alegre | RS

O estágio II apresenta deslocamentos intermediários, a compressão excede todas as forças que conseguiram manter o material com comportamento elástico. Para a análise do comportamento da argamassa, seja ela colante ou de assentamento, esta é a região adequada, pois as deformações estão agindo sem acréscimo significativo da força de compressão, indicando facilidade de manuseio da argamassa.

Quando a argamassa está no estágio III, significa que ocorre um aumento exponencial da carga de compressão necessária para prosseguir a deformação do material. Há aproximação das partículas submetidas a grandes deformações e gera forças contrárias ao fluxo, onde as forças de atrito são predominantes neste estágio ⁽²⁾.

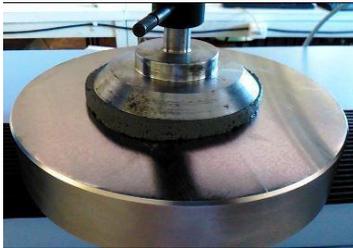
Para a execução dos ensaios de Squeeze Flow foram utilizados os seguintes equipamentos: punção com diâmetro de 101 mm, placa inferior e com diâmetro de 200 mm, feita de aço inox. A máquina de ensaio utilizada foi uma Shimadzu AGS-X com capacidade de carga de 5kN e com controle de deslocamento a uma velocidade de 0,1 mm/s. Durante os ensaios, utilizou-se uma célula de carga de 500N e deslocamento do máximo do travessão de 6 mm.

Figura 4 - Máquina de ensaio utilizada.

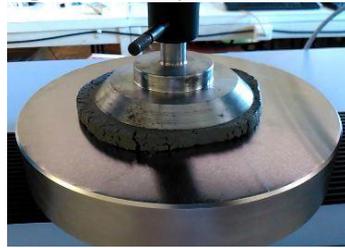


A figura 5 demonstra a amostra moldada (a) com o punção já posicionado para a execução do ensaio, a argamassa sendo comprimida durante um ensaio (b), e o estado final após chegar ao deslocamento proposto (c).

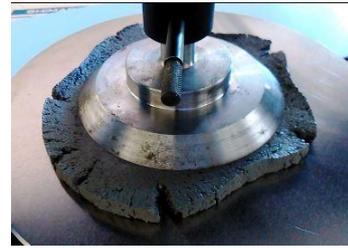
Figura 5 - Etapas do ensaio.



(a)



(b)



(c)

3. RESULTADOS

A tabela 2 mostra os dados obtidos previamente ao ensaio de squeeze flow demonstrando os espalhamentos da mesa Flow Table considerando a margem limite de 250 ± 5 mm proposto pela norma NBR 7222/2011. Todas as argamassas foram moldadas com a quantidade de água necessária para atender o limite da norma.

Tabela 2 - Dados obtidos através da mesa Flow Table.

Argamassa de Revestimento	REF	5%	10%
Espalhamento (mm)	250-251	246-247	247-250
Temperatura Ambiente (°C)	27,8°	28°	27,9°
Umidade Relativa do ar (%)	53%	51%	51%
Água (g)	649,1	657,2	715,5

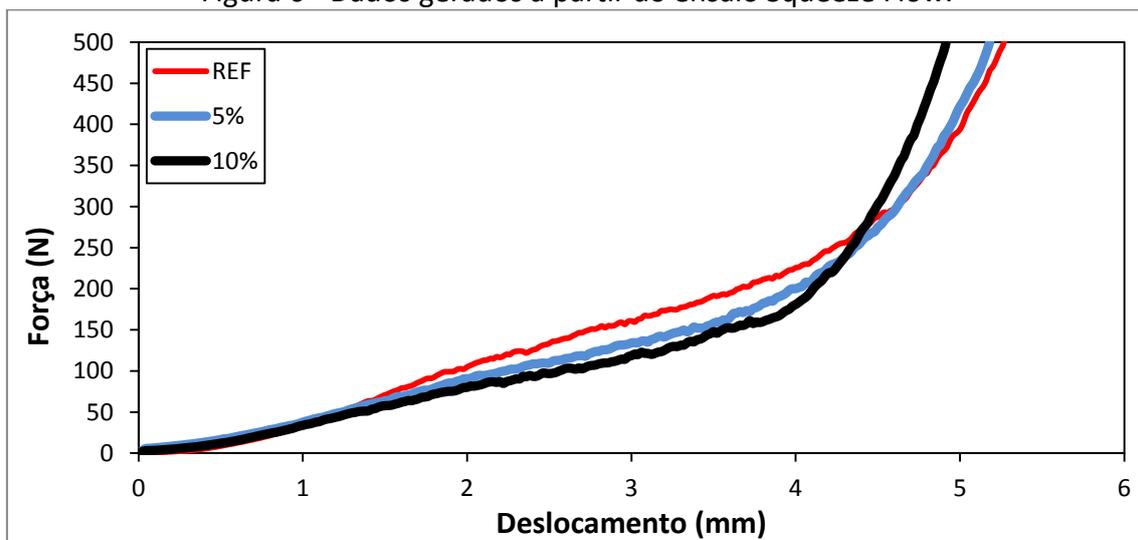
Analisando o gráfico da figura 6, percebe-se que os traços mantêm um comportamento linear até cerca de 0,8 mm de deslocamento, caracterizando o perfil típico encontrado no estágio I, onde o material se comporta como um sólido apresentando apenas deformação elástica. Porém, com o acréscimo de carga nota-se que a curva entra no estágio II até cerca de 4 mm que apresenta deslocamentos

intermediários onde, no momento da transição do estágio II para o três, houve uma diminuição do deslocamento com o incremento de sílica de casca de arroz.

Logo, após os 4 mm, a argamassa se desloca e sofre enrijecimento, entrando assim no estágio III, onde há aproximação de partículas submetidas a grandes deformações.

Comparando os três traços, conclui-se que ao adicionar sílica de casca de arroz obtém-se uma argamassa mais rígida, fato explicado pela maior área superficial da sílica de casca de arroz, observado na determinação da quantidade de água utilizada no ensaio de Flow Table.

Figura 6 - Dados gerados a partir do ensaio Squeeze Flow.



A tabela 3 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de compressão axial. Pode ser observado na tabela 3 que a mistura que apresentou o maior valor de resistência à compressão foi à mistura com substituição de 10% de cimento Portland por 5% de sílica de casca de arroz. Acredita-se que essa porcentagem de substituição é a ideal, uma vez que essa porcentagem é citada por outros autores em estudos conduzidos com concretos ⁽¹²⁾. Percebe-se que a mistura contendo de 5% de sílica de casca de arroz obteve uma resistência à compressão 7,5% e 4,4% maior que a mistura de referência nas idades de 7 e 28 dias, respectivamente.



Tabela 3 - Resultados obtidos dos ensaios de compressão.

Argamassa de Revestimento	7 dias			28 dias		
	Ref.	5%	10%	Ref.	5%	10%
Média (MPa)	22,35	24,03	11,88	27,83	29,08	20,41
Desvio Padrão	0,60	0,65	0,40	0,61	1,08	0,43
Coef. De Variação (%)	2,65	2,68	3,37	2,18	3,73	2,09

4. CONCLUSÕES

As principais conclusões são:

- a) Com a substituição do cimento por sílica de casca de arroz foi necessário aumentar a quantidade de água para obter o espalhamento especificado pela norma NBR7222. Isso se deve a maior área superficial da sílica de casca de arroz comparado com o cimento Portland CII-Z.
- b) Nos ensaios utilizando o Squeeze Flow, comparando as três misturas, pode-se observar que ao adicionar a sílica de casca de arroz obtém-se uma argamassa mais rígida, fato esse que pode ser explicado pela maior área superficial da sílica de casca de arroz, que deve ter proporcionado uma maior fricção entre as partículas.
- c) De acordo com os dados obtidos de resistência à compressão, pode-se observar que a melhor substituição de cimento por sílica de casca de arroz ocorreu na porcentagem de 5%, uma vez que essa mistura apresentou uma resistência 5% maior aos 28 dias de cura, quando comparada com a mistura de referência.

REFERÊNCIAS

1. COSTA, M. R. M. M. **Análise comparativa de argamassas colantes de mercado através de parâmetros reológicos**. Tese de Doutorado, 2006 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.



Simpósio Brasileiro de Tecnologia das
ARGAMASSAS
28-30 | Abril | 2015 | Porto Alegre | RS

2. CARDOSO, F. A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico.** Tese de Doutorado, 2009. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, 2009.
 3. CASAREK, H. Argamassas. In: Isaia, G.C. (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2010. V. 2, cap. 28, p. 893-944.
 4. NAIR, D. G. et al, **A structural investigation relating to the pozzolanic activity of rice husk ashes.** Cement and concrete Research. Vol. 38 (2008), p. 861-869.
 5. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Disponível em:
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_11_13_09_19_35_boletim_graos_novembro_2014.pdf. Acessado em 14/12/2014.
 6. MATTANA, A. J. **Influência dos constituintes do revestimento de argamassas sobre suas propriedades reológicas.** Disponível em:
<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas>, acessado em 12/12/2014.
 7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 248: Agregados, Determinação da Composição Granulométrica** – Elaboração. Rio de Janeiro, 2003.
 8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 27: – Agregados, Redução da Amostra de Campo.** Elaboração. Rio de Janeiro, 2001.
 9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: – Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Elaboração. Rio de Janeiro, 2009.
 10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23: – Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica.** Elaboração. Rio de Janeiro, 2001.
 11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15839: – Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método squeeze-flow.** Elaboração. Rio de Janeiro, 2001.
 12. MARANGON, E. **ÍNDICE DE ATIVIDADE POZOLÂNICA DA SÍLICA DE CASCA DE ARROZ SILCCA NOBRE SCI PROVENIENTE DA COMBUSTÃO EM LEITO FLUIDIZADO.** São Paulo, Ibracon 2013.
-