

## AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ADIÇÃO DE NANOSSÍLICA OBTIDA POR ROTA BIOLÓGICA NA HIDRATAÇÃO DE PASTA DE CIMENTO PORTLAND

PINEDA-VÁSQUEZ, T.<sup>I</sup>, COLLODETTI, G.<sup>II</sup>, GLEIZE, P. J. P.<sup>II</sup>, SANTOS DOS, C. M. F.<sup>I,III</sup>,  
HOTZA, D.<sup>I</sup>

<sup>I</sup> Departamento de Engenharia Química (EQA)

<sup>II</sup> Departamento de Engenharia Civil (ECV)

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
88040-900 Florianópolis, SC, Brasil

<sup>III</sup> Instituto Federal Catarinense - Campus Sombrio (IFC),  
88965-000 Sombrio, SC, Brasil

e-mail: tatianapinedavasquez@gmail.com, carlaeafs@yahoo.com.br

### RESUMO

*Foi avaliado o efeito da adição de nanossílica obtida por rota biológica (NSB) a partir da cinza da casca de arroz (CCA) em pasta de cimento Portland. Foram formuladas pastas com relação água/sólidos de 0,3 (massa), com CCA não tratada e NSB, em concentrações de 0,3 e 0,6% em substituição da massa do cimento; além da pasta referência, sem adição de sílica. A resistência à compressão nas idades de 28 e 120 dias de hidratação foram avaliadas, bem como a calorimetria de hidratação. Encontrou-se aumento na resistência à compressão das pastas com 0,6% NSB (28 dias), com prolongamento de cerca de 35 horas no período de indução. O cimento foi predominantemente amorfo entre 28 e 120 dias, com uma percentagem de 72-74% para as pastas sem aditivo e ≈ 65% para pastas com a adição de NSB.*

Palavras-chave: nanossílica biológica, cinza da casca de arroz, cimento.

### INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais de construção mais amplamente utilizado. O cimento é um dos principais componentes do concreto. Sua produção exige altas taxas de energia que, contribuem nas emissões de CO<sub>2</sub>, principal responsável do efeito estufa. A redução do consumo de energia pode ocorrer através de análise do ciclo de vida<sup>(1)</sup> ou pelo uso de materiais de residuais.<sup>(2)</sup>

Visando economizar energia e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, misturas minerais, tais como: escórias de alto-forno, sílica ativa, cinzas volantes, cinza da casca de arroz (CCA) e metacaulim são comumente usados como uma substituição parcial do cimento Portland.<sup>(3-9)</sup> Além disso, estes aditivos são muitas vezes introduzidos para melhorar as propriedades físicas e químicas do concreto.

A CCA é um produto da transformação termoquímica da casca de arroz, que possui baixa densidade e tamanho de partícula variável. O principal componente da CCA é a sílica (SiO<sub>2</sub>), entre 80 e 97% em massa, que dependendo da temperatura de combustão pode ser amorfa ou cristalina; também incluem-se em menores quantidades CaO (0,25-2,5%), MgO (2,3-1,3%), K<sub>2</sub>O (<1,1%), Na<sub>2</sub>O (<0,78%).<sup>(10)</sup>

A sinergia entre gestão de resíduos e nanotecnologia gera novas matérias-primas com alto desempenho e permite a redução da nocividade de subprodutos perigosos. A aplicação da nanotecnologia na engenharia civil pode desempenhar papel importante na qualidade dos materiais a base de cimento Portland melhorando seu desempenho no estado fresco e endurecido, durabilidade e funcionalidade. Tamanhos extremamente finos de nanopartículas (NPS) podem afetar significativamente a cinética de hidratação do cimento, produzindo características favoráveis.<sup>(4, 11-13)</sup> Os nanomateriais exibem propriedades físicas e químicas únicas. O uso de partículas de sílica de baixa granulometria melhoram o desempenho do cimento, tanto no estado fresco como no endurecido, pela ocupação dos pequenos espaços vazios, atuando como um *microfiller* das partículas de cimento. As nano e microssílicas reagem com o hidróxido de cálcio, que é o composto menos resistente da matriz de cimento hidratado, reduzindo os vazios interconectados, e melhorando as propriedades mecânicas das pastas, argamassas e concretos.<sup>(14, 15)</sup>

Diferentes técnicas têm sido empregadas para a produção de nanossílica, sendo a maioria feita em condições extremas de pH, usando produtos como HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, NaOH e NH<sub>4</sub>OH<sup>(16, 17)</sup>. Além disso, são empregadas pressões e temperaturas elevadas,<sup>(16, 18)</sup> eventualmente em meios que apresentam toxidez.<sup>(16)</sup> Normalmente, as quantidades produzidas são

pequenas, e o material resultante apresenta características inconstantes, devido à dificuldade de controle da aglomeração.

Recentemente, BANSAL *et al* <sup>(19)</sup>, PINEDA *et al.* <sup>(10)</sup> apresentaram uma rota alternativa para obtenção de nanopartículas de sílica a partir da CA e CCA, respectivamente. A sílica amorfa presente na casca e na cinza foi biotransformada à temperatura ambiente (25°C) em partículas de 2-6 nm com formato semiesférico, usando um fungo filamentososo, denominado *Fusarium oxysporum*.

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o efeito de adição de micro e nanossílica obtida por rota biológica (NSB) a partir da cinza da casca de arroz (CCA) em pasta de cimento Portland.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A cinza da casca de arroz (CCA) foi adquirida da Indústria e Comércio de Arroz Fumacense Ltda (Morro da Fumaça, SC, Brasil). Esta foi empregada nas pastas de cimento não tendo sofrido processamento prévio. Possui uma distribuição granulométrica monomodal com tamanho médio de 610±60µm e área superficial de 115 m<sup>2</sup>/g.<sup>(10)</sup> Esta cinza apresenta-se predominantemente amorfa e sua composição é detalhada na Tabela 1

A nano e microsilica (NSB) foi obtida pela biotransformação de da CCA usando um fungo *Fusarium oxysporum*. A NSB apresenta tamanhos de partícula entre 10 nm e 600µm, área superficial de 177 m<sup>2</sup>/g.<sup>(10)</sup> Na Tabela 1 apresenta-se a composição química da sílica obtida por rota biológica.

Tabela 1. Composição química das diferentes fontes de sílica

Composição %(w)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	PF*
<b>CCA</b>	0,06	0,55	<0,05	0,78	0,32	0,15	<0,05	0,37	84,9	<0,05	11,6
<b>NSB</b>	0,06	0,56	<0,05	1,59	0,38	0,16	0,34	0,83	92,16	<0,05	1,76

Nesta pesquisa empregou-se cimento Portland tipo CP-II F como ligante (Itambé, PR). Em conformidade com a NBR (ABNT, 1991), este contém até 10% de finos calcários e foi escolhido por ser inerte durante a hidratação.

A fluorita ( $\text{CaF}_2$ , Vetec), com cristalinidade de 86,2%, foi usada como padrão interno na quantificação das fases. Adotou-se este material por ser um composto estável, de elevada pureza, boa cristalinidade, e por apresentar uma estrutura cristalográfica simples (sistema cúbico, tendo poucos e intensos picos de difração).<sup>(20)</sup>

#### Preparação da pasta de cimento

Para fins comparativos primeiramente foi preparado uma amostra de referência cumprindo a relação em massa de 0,3 de água/aglomerante. Foram utilizados 300 g de cimento Portland e 90 g de água. Em seguida foram preparadas as pastas com 0,3% e 0,6% de microssilica proveniente da CCA e com 0,3% e 0,6% de NSB. A relação água/aglomerante foi mantida constante em todas as amostras. A nanossilica (NSB) foi utilizada em forma de suspensão com uma concentração de sólidos de  $20\text{g.L}^{-1}$ . A preparação das amostras envolveu a pesagem dos componentes (cimento Portland, água, nanossilica e microssilica), que foram moldados após estar numa condição de homogeneidade. De forma a manter o processo controlado, o tempo de preparação de cada amostra foi cronometrado. Uma pequena amostra foi utilizada de cada mistura para a realização do ensaio no calorímetro adiabático. Após moldados, todos os corpos de prova foram levados para uma mesa vibratória por 1 min. Após o tempo de cura ao ar as amostras foram cortadas em uma máquina *cut-off* com disco de diamante para ter o comprimento exato de 40 cm necessário para a realização do ensaio de resistência à compressão.

#### Calorimetria de condução

Medidas de calor liberado foram feitas em calorímetro de condução isotérmico (Thermometric AB TAM Air, TA Instruments), localizado no laboratório Nanotec, na UFSC. A temperatura dos ensaios foi ajustada a  $21^\circ\text{C}$ . Cerca de 4 g de amostra foram usados e os dados de calor foram normalizados pela massa de cimento usada.

#### Avaliação das propriedades mecânicas (resistência à compressão)

Após 28 e 120 dias de cura, 7 corpos de prova cilíndricos de 20 mm de diâmetro e 40 mm de comprimento para cada mistura foram rompidos à compressão em prensa (Instron 5569) com uma velocidade de carga de 2,5 MPa/s.

### Identificação e quantificação de fases

Os difratogramas de raios X das amostras foram obtidos (Shimadzu, XRD 6000) com radiação  $\text{CuK}_\alpha$  ( $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$ ), voltagem do tubo de 30kV e corrente de 30 mA, filtro de níquel e leitura entre  $15^\circ$  a  $100^\circ$  ( $2\theta$ ), velocidade  $0,02^\circ/\text{s}$ .

As amostras submetidas à difração de raios X foram moídas manualmente em almofariz, até obter um tamanho de partícula passante em malha de abertura  $74 \mu\text{m}$ , e misturadas com 10% em massa da mistura de fluorita, como padrão interno ( $X_s$ ).

O refinamento foi realizado utilizando o software GSAS.<sup>(21)</sup> As informações cristalográficas foram provenientes do ICSD (Inorganic Crystal Structure Database)<sup>(22)</sup> Adotou-se a fluorita (cartão 76045) como padrão. Foram identificados os seguintes compostos: etringita (cartão 16045); gipsita (cartão 409581); hidróxido de cálcio (cartão 202222),  $\text{C}_2\text{S}$  (cartão 421708),  $\text{C}_3\text{S}$  (cartão 22501) e calcita (cartão 20179). O difratograma foi aferido com padrão de silício elementar.

As equações A e B foram empregadas para o cálculo da fração amorfa e para a proporção das fases cristalinas das amostras.

$$X_a = \left[ 1 - \frac{X_s}{X_{SR}} \right] \times \left( \frac{1}{1 - X_s} \right) \quad (\text{A})$$

$$X_i = \left[ \frac{X_s}{X_{SR}} \times X_{iR} \right] \times \left( \frac{1}{1 - X_s} \right) \quad (\text{B})$$

onde:  $X_a$  é a fração mássica de fase amorfa (% m/m);  $X_s$  é a fração mássica da fase cristalina do padrão interno (%m/m);  $X_{SR}$  é a fração mássica do padrão interno obtido pelo refinamento (% m/m);  $X_i$  é a fração mássica da fase cristalina analisada (%m/m) e  $X_{iR}$  é a fração mássica da fase analisada obtida pelo refinamento (%m/m).

### RESULTADO E DISCUSSÃO

As amostras com adições de CCA (0,3% e 0,6%) apresentaram um comportamento semelhante à pasta sem aditivos (REF). Na Figura 1, percebe-se que há um leve

incremento no fluxo de calor, mas a maior alteração foi observada nas pastas com nanossílica obtida por rota biológica NSB (0,3% e 0,6%). Nestas amostras, há um prolongamento do período de indução em até 10 e 35 h, respectivamente.

A NSB é resultado de um processo fermentativo. A suspensão empregada nesta pesquisa contém cerca de 2% em massa de material orgânico, como glicose residual e enzimas extracelulares. Considera-se que essas substâncias sejam, principalmente, as responsáveis pela modificação e transformação do tamanho, estrutura e superfície da sílica presente na CCA.<sup>(10)</sup> Provavelmente, o material residual presente na NSB dificultou o processo de dissolução dos óxidos do cimento. Segundo RAMACHANDRAN,<sup>(24)</sup> e JUENGER<sup>(25)</sup> os açúcares, como a sacarose e glicose, adsorvem-se nos núcleos de C-S-H e de CH e retardam o crescimento destes hidratos. Entretanto, uma vez consumidos os açúcares, inicia-se o período de aceleração com crescimento dos núcleos já formados.

Na menor concentração da NSB (0,3%), há evidências que o retardo não ocorre por redução da velocidade das reações de hidratação, visto que a curva apresenta a largura semelhante com pasta de referência. Com o aumento da concentração de NSB, observa-se que o período de aceleração nas curvas de calorimetria fica prolongado, menos intenso e achatado em relação à curva da pasta sem aditivos (REF). Segundo BOUASKER<sup>(26)</sup>, este comportamento pode ser produzido pela formação de uma camada de produto pouco solúvel na superfície das partículas anidras o qual impede a dissolução do cimento. Este fato também foi observado quando a nanossílica funcionalizada por silanos é empregada como aditivo em pastas de cimento Portland em concentrações 0,5% de siloxano.<sup>(27)</sup>

No período final da pega, ocorre o declínio significativo na intensidade das reações,<sup>(26, 27)</sup> pela redução da concentração de C<sub>3</sub>S na mistura. TAYLOR<sup>(28)</sup> atribui esse declínio à formação de C-S-H e CH pelo C<sub>3</sub>S. Observa-se que tanto para REF como para CCA-0,3% e CCA-0,6% há um aparecimento de um "ombro", atribuído à transformação da etringita (AFt) em monossulfoaluminatos de cálcio hidratado (AFm).<sup>(28)</sup> Quando adicionada NSB, em baixas concentrações (0,3%), não foi evidente essa transformação. Com o aumento

da concentração de NSB (0,6%), há o aparecimento de um pequeno halo não tão definido quanto ao apresentado pela referência, neste período.

Pode-se afirmar então que a presença da NSB na solução interferiu na formação de etringita, e provavelmente também na de C-S-H, aumentando a taxa de hidratação do aluminato após o período de indução, além de reduzir a intensidade de hidratação do C<sub>3</sub>S.

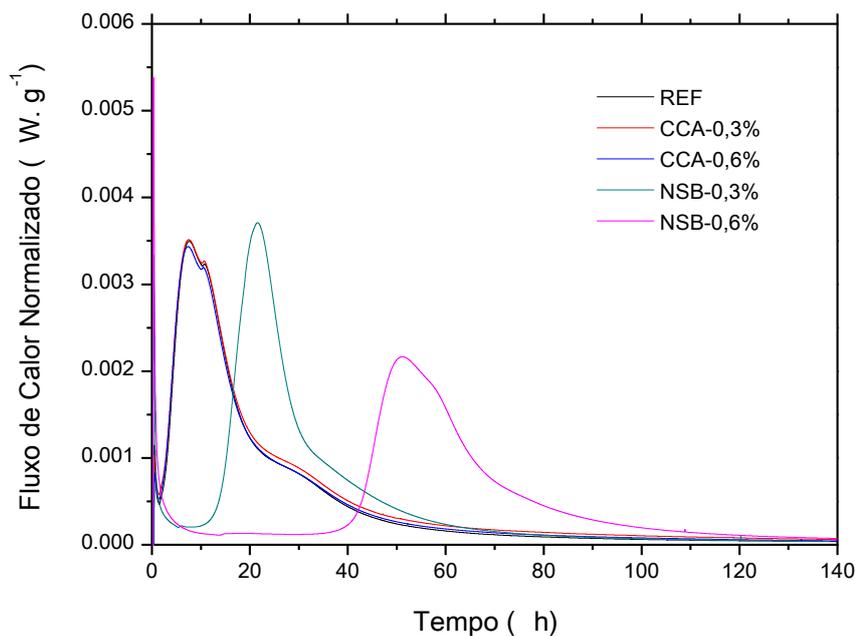


Figura 1. Efeito da adição de CCA e NSB no calor desenvolvido por pastas de cimento Portland.

A Figura 2, permitiu evidenciar o efeito da adição de CCA e NSB na pasta de cimento. A adição de CCA aumentou o calor de hidratação com relação à REF, o que traz benefícios a curto prazo, relacionadas com o aumento da resistência mecânica nas primeiras idades. No entanto, isso pode ser contraproducente devido, também, ao rápido resfriamento na etapa subsequente que pode ocasionar fissuras nas pastas em idades mais avançadas. Por outro lado, o efeito produzido pela adição da NSB acarreta redução do calor de hidratação, Cordeiro<sup>(29)</sup> indica que esta diminuição é devida à diluição do cimento.

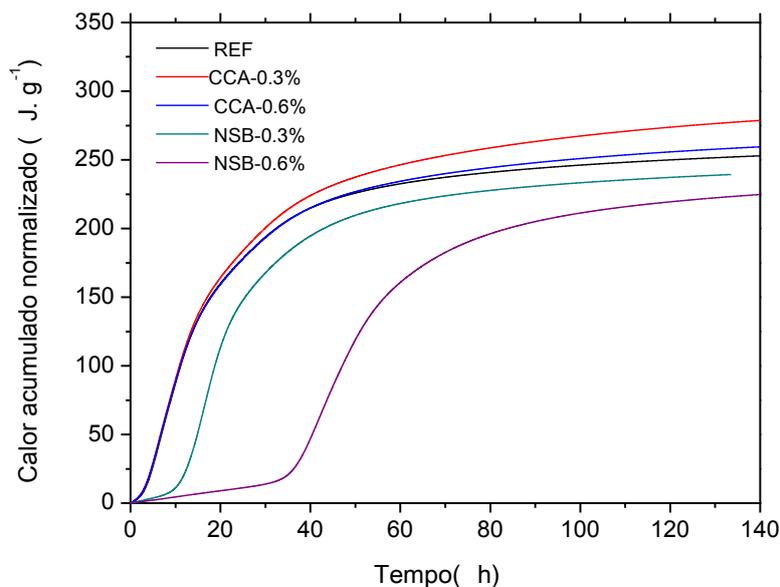


Figura 2. Calor acumulado normalizado em função do tempo para pastas de cimento Portland com CCA e NSB.

Com a finalidade de observar influência da adição de NSB em idades avançadas, realizou-se DRX e a quantificação das principais fases. Para avaliar a qualidade do refinamento, foram observados os índices dos mínimos quadrados,  $R_{wp}$  e o gráfico. Os valores obtidos para  $R_{wp}$  variaram de 18-19% e os  $\chi^2$  de 1,5-1,7%. Nos resultados apresentados considera-se um erro experimental geral de 3%.<sup>(20)</sup>

Nos difratogramas na Figura 3, apresentam-se as principais fases observadas no cimento em idades de 28 e 120 dias tanto para as pastas sem aditivo (REF) como para pastas com NSB (0,6%). As linhas detectadas correspondem a calcita, hidróxido de cálcio, silicato bi e tricálcico assim como a etringita.

A quantificação de fases, apresentada na Tabela 2, indica que o cimento hidratado é predominantemente amorfo para idades entre 28 e 120 dias, com uma percentagem entre 72-74% para as pastas sem aditivo e  $\approx$  65% para pastas com a adição de NSB. A NSB acelera o processo de cristalização dos hidratos do cimento quando comparado com o cimento sem aditivos, aproximadamente num 10%, o que é conferido com o aumento residual de  $C_3S$ .

Pastas de cimento contendo NSB apresentaram maior intensidade das linhas de difração das fases  $C_3S$  e  $C_2S$ , o que se reflete na quantificação das fases. Estas apresentaram maior concentração na presença de NSB do que na

mistura de controle (REF). Segundo EL ALEEM <sup>(30)</sup>, isto é devido à reação pozolânica de NSB com CH para formar os silicatos hidratados de cálcio e na diminuição de C-S-H produzido.<sup>31</sup>

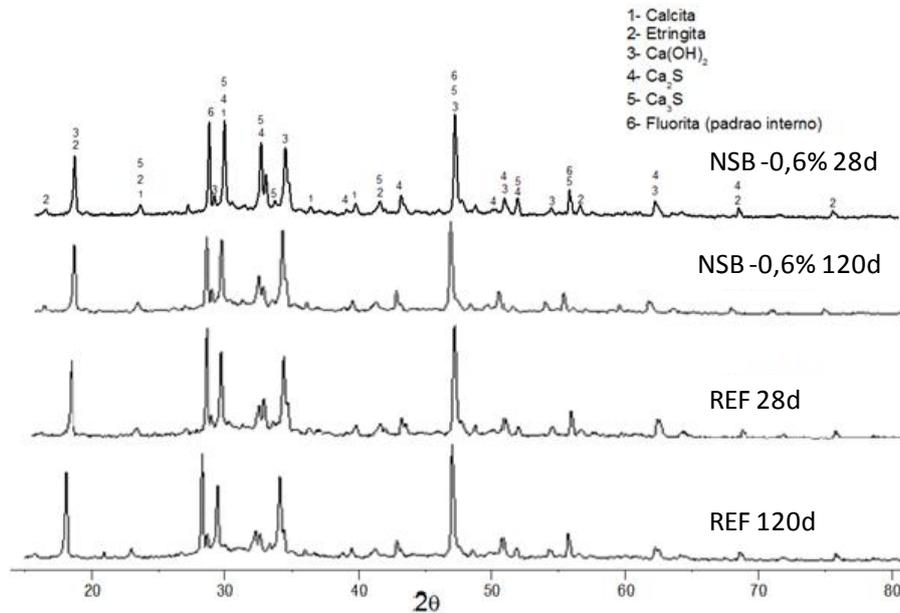


Figura 3. Difratomogramas das pastas de cimento com e sem NSB, para idades de 28 e 120 dias.

A quantidade de etringita permanece constante nas idades avaliadas (28 e 120 dias). Modificações na fase etringita são especialmente observadas nas idades iniciais com o início da hidratação do cimento.<sup>(32)</sup> A quantidade de calcita (presente no cimento Portland anidro tipo CP-II F) não varia o que mostra que não houve carbonatação das amostra ao longo do tempo.

Tabela 2. Composição das fases com ponderações do teor de amorfo presentes nas pastas de cimento com adição de NSB e sem aditivos (REF).

Amostra	Fases com ponderações do teor de amorfo					
	Amorfo	Calcita	Hidróxido de cálcio (CH)	Silicato bicálcico (C <sub>2</sub> S)	Silicato tricálcico (C <sub>3</sub> S)	Etringita

<b>REF 28d</b>	72%	7,6%	5,5%	5,0%	6,3%	3,6%
<b>REF 120d</b>	74%	6,3%	9,6%	2,3%	5,7%	2,1%
<b>T-0,6% 28d</b>	65%	7,9%	7,8%	5,1%	10,8%	3,4%
<b>T-0,6% 120d</b>	65,7	8,4%	10,9%	3,2%	7,6%	4,2%

A adição de sílica proveniente da queima da casca de arroz, CCA e do tratamento biológico da CCA (NSB) proporciona incrementos nos valores de resistência à compressão da pasta de cimento, principalmente nos primeiros 28 dias, como observado na Tabela 3.

Tabela 3. Efeito da adição de CCA e NSB na resistência à compressão de pastas de cimento Portland.

<b>Resistência à compressão (MPa)</b>					
	<b>Referência</b>	<b>CCA</b>		<b>NSB</b>	
Idade		0,3%	0,6%	0,3%	0,6%
28 dias	58±9	61±6	67±7	68±9	69±4
120 dias	77±9	72±12	76±8	72±16	66±5

Presume-se que este resultado é produto da concentração do silicato tricálcico ( $C_3S$ ), este foi aproximadamente maior em 70%, quando comparado com a pasta de referência. Segundo TAYLOR<sup>(32)</sup>, dentre as fases anidra do cimento,  $C_3S$  proporciona maior resistência mecânica as pastas, como observado, já que a resistência à compressão para pastas com 0,6% de NSB foi superior em ~18% em relação à REF. Para 120 dias, a concentração de  $C_3S$  sofre uma queda, cerca de 30%, mais pronunciada nas pastas com NSB do que a REF, e essa queda, provavelmente foi refletida na resistência das pastas. Por outro lado, pastas com NSB apresentaram resistência mecânica superior em 10%, em relação às pastas com CCA, para o tempo de cura de 28 dias e na concentração menor (0,3%). Para maiores concentrações de sílica, a diferença foi menor nos valores de resistência à compressão (em torno de 3%).

## CONCLUSÃO

A calorimetria de condução permitiu medir a quantidade de calor gerado durante a reação no processo de hidratação do cimento, e determinar a duração dos diferentes períodos de reação apresentados pelas pastas cimentícias. Os resultados de calor desenvolvido nas primeiras horas de hidratação de pastas de

cimento indicaram que a nanossilica com tratamento biológico pode ser considerada como um aditivo retardante de pega.

A NSB contribuiu para acelerar a formação do C-S-H, mesmo com resíduos do material orgânico produto da fermentação.

## REFERÊNCIAS

1. Blengini, G. A.; Di Carlo, T. *Energy and Buildings* **2010**, 42, (6), 869-880.
2. Becchio, C.; Corgnati, S. P.; Kindinis, A.; Pagliolico, S. *Energy and Buildings* **2009**, 41, (11), 1127-1134.
3. Hassan, A. A. A.; Abouhussien, A. A.; Mayo, J. *Construction and Building Materials* **2014**, 51, 321-328.
4. Senff, L.; Hotza, D.; Lucas, S.; Ferreira, V. M.; Labrincha, J. A. *Materials Science and Engineering A* **2012**, 532, 354-361.
5. Liang, J. F.; Zhang, C.; Wang, X. Y. F., Experimental study of sulfate attack resistance performance on cement concrete pavement. In 2014; Vol. 505-506, pp 270-273.
6. Vyšvařil, M.; Bayer, P.; Chromá, M.; Rovnaníková, P. *Construction and Building Materials* **2014**, 54, 413-420.
7. Kumar, P. C.; Rao, P. M.; Patnaikuni, I., Replacement of cement with Rice Husk Ash in concrete. In 2011; Vol. 295-297, pp 481-486.
8. Gastaldini, A. L. G.; Da Silva, M. P.; Zamberlan, F. B.; Mostardeiro Neto, C. Z. *Construction and Building Materials* **2014**, 54, 369-377.
9. Chatveera, B.; Lertwattanaruk, P. *Journal of Environmental Management* **2014**, 133, 365-373.
10. Pineda, T.; Soares, C. H. L.; Hotza, D.; Casas-Botero, A. E.; Ramirez-Carmona, M.; Torres-Taborda, M. *Mater Sci Forum* **2012**, 727-728, 1153-1157.
11. Hosseini, A. A.; Hosseini, S. H.; Abbas Zadeh, A. R. *Asian Journal of Chemistry* **2012**, 24, (2), 903-907.
12. Gong, H. Y.; Quan, J.; Zhang, Y. J.; Bi, J. Q.; Che, S. W. *Rengong Jingti Xuebao/Journal of Synthetic Crystals* **2010**, 39, (3), 660-664.
13. Berra, M.; Carassiti, F.; Mangialardi, T.; Paolini, A. E.; Sebastiani, M. *Advances in Cement Research* **2013**, 25, (6), 352-361.
14. Zyganitidis, I.; Stefanidou, M.; Kalfagiannis, N.; Logothetidis, S. *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology* **2011**, 176, (19), 1580-1584.
15. Senff, L.; Labrincha, J. A.; Ferreira, V. M.; Hotza, D.; Repette, W. L. *Construction and Building Materials* **2009**, 23, (7), 2487-2491.
16. Chakraverty, A.; Mishra, P.; Banerjee, H. D. *Journal of Materials Science* **1988**, 23, (1), 21-24.
17. Hello, K. M.; Hasan, H. R.; Sauodi, M. H.; Morgen, P. *Applied Catalysis A: General* **2014**, 475, 226-234.
18. Choudhary, A.; Sahu, B. S.; Mazumder, R.; Bhattacharyya, S.; Chaudhuri, P. *Journal of Alloys and Compounds* **2014**, 590, 440-445.
19. Bansal, V.; Rautaray, D.; Bharde, A.; Ahire, K.; Sanyal, A.; Ahmad, A.; Sastry, M. *Journal of Materials Chemistry* **2005**, 15, (26), 2583-2589.
20. Santos, C. M. F. D., de Noni Júnior A. Hotza D, Avaliação da variabilidade na quantificação de fases cerâmicas pelo método de Rietveld. In

*Congresso brasileiro de cerâmica e congresso iberoamericano de cerâmica*, Natal, 2013; pp 478 - 492.

21. Ferrari, S.; Gualtieri, A. F. *Applied Clay Science* **2006**, 32, (1–2), 73-81.
22. ICSD, Inorganic Crystal Structure Database. In <http://www.portaldapesquisa.com.br>.
23. Argus, M. V. *Journal of Paleontology* **1993**, 19, 234-237.
24. RAMACHANDRAN, V. S. P., R.M; BEAUDOIN, J.J; DELGADO, A.H., *Handbook of thermal analysis of construction materials*. . Nova York, 2002.
25. JUENGER, M. C. G. J., H.M. *Cement and Concrete Research* **2002**, 32, 393-399.
26. Bouasker, M.; Mounanga, P.; Turcry, P.; Loukili, A.; Khelidj, A. *Cement and Concrete Composites* **2008**, 30, (1), 13-22.
27. Collodetti, G.; Gleize, P. J. P.; Monteiro, P. J. M. *Construction and Building Materials* **2014**, 54, (0), 99-105.
28. TAYLOR, H. F. W., *Cement Chemistry*  
2nd. ed ed.; Academic Press. : London.
29. Cordeiro, G. C. T. F., R. D.; Fairbairn, E. M. R. *ACI Materials Journal* **2008**, 105, (5), 487-493.
30. Abd.El.Aleem, S.; Heikal, M.; Morsi, W. M. *Construction and Building Materials* **2014**, 59, (0), 151-160.
31. Garci Juenger, M. C.; Jennings, H. M. *Cement and Concrete Research* **2002**, 32, (3), 393-399.
32. Moore, A. E.; Taylor, H. F. W. *Acta Crystallographica Section B* **1970**, 26, (4), 386-393.

## **EVALUATION OF THE HYDRATION PROPERTIES ON PORTLAND CEMENT PASTES BY ADDITION OF NANOSSILICA OBTAINED BY BIOLOGICAL ROUTE**

*The present work addresses the effect of incorporation of biological nano-silica (NSB) on the behavior of cement pastes. Two different concentrations, 0.3 and 0.6 wt% silica were used. Calorimetric measurements of Portland cement pastes with 0.3 water/binder ratio, X-ray diffraction and compressive strength, showed that NSB interferes on reactions of cement pastes. Samples with 0.6 wt% NSB after 28 days presented increased compressive strength and the induction period was close to 35 h. The cement was predominantly amorphous between 28 and 120 days, with a percentage of 72-74% for pastes without additive and ~65% for pastes with NSB.*

Keywords: biological nano-silica, rice husk ash, cement.