



ÍNDICE DE DESEMPENHO DE MISTURAS TERNÁRIAS CONTENDO CIMENTO PORTLAND CINZA DA CASCA DE ARROZ E NANOSSÍLICA COLOIDAL

ÍNDICE DE DESEMPENHO DE MISTURAS TERNÁRIAS CONTENDO CIMENTO PORTLAND E NANOSSÍLICA COLOIDAL

Josué Régio Damaceno¹ (IC)*, Daniel da Silva Andrade (PQ)

¹ jotaerrys@hotmail.com (Universidade Estadual de Goiás – CCET)

Resumo: As adições minerais podem ser associadas em diversas combinações e teores, criando-se misturas de cimento com dois tipos de adição, as quais são denominadas misturas ternárias. Estas podem melhorar as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, além de resultar em misturas mais econômicas. A nanossílica destaca-se como um dos nanomateriais aplicados em materiais cimentícios, tendo comportamento específico devido aos efeitos que prevalecem quando as partículas assumem um tamanho muito reduzido. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar o índice de desempenho de misturas ternárias, contendo cimento Portland, sílica de casca de arroz e nanossílica coloidal. Foram produzidas argamassas de acordo com o método descrito na NBR 5752 - Materiais pozolânicos-Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT, 2014), sendo uma mistura referência, contendo Cimento CP-II-F32, areia normal brasileira e água, e misturas contendo Cimento CP-II-F32 e sílica de casca de arroz, utilizada individualmente e em conjunto com a nanossílica coloidal, em diferentes teores. A sílica de casca de arroz e a nanossílica coloidal foram adicionadas em substituição parcial ao cimento Portland e o índice de desempenho foi determinado em função da resistência à compressão das argamassas. A sílica de casca de arroz, utilizada individualmente e em conjunto com a nanossílica coloidal, exerceu influências relevantes na resistência à compressão das argamassas, demonstrando grande potencialidade para a aplicação destes materiais em concretos, de forma geral.

Palavras-chave: Nanossílica, pozolana, cimento Portland, sílica de casca de arroz.

Introdução

Devido ao grande volume de produção de concreto e sua importância econômica, a indústria desse material tem sido alvo para a implantação de mais realizações em ciência e tecnologia. Em particular, os desenvolvimentos no domínio da nanociência são promissores na indústria de concreto. Alguns nanomateriais tem sido utilizados na indústria de concreto ao longo da última década. Gleize (2011) cita que a incorporação de nanopartículas na matriz de cimento pode melhorar a sua durabilidade e propriedades mecânicas. A nanossílica, em particular, tem encontrado



utilização neste campo pela sua grande área superficial, o que resulta em elevado grau de atividade pozolânica.

De acordo com Soares (2014), a nanossílica, ou nanopartículas de SiO_2 , é considerada uma adição pozolânica altamente reativa que, em substituição ao cimento tem demonstrado que ocorre uma melhoria em suas propriedades mecânicas, além de aumentar a resistência à penetração de água, o que influencia fortemente na durabilidade. A reação pozolânica é a reação das adições ricas em SiO_2 com hidróxido de cálcio formado pela hidratação do cimento gerando mais silicato de cálcio hidratado (C-S-H).

A nanossílica acelera a dissolução do C_3S e a formação de C-S-H. Mesmo pequenas quantidades de adições de nanossílica podem ser muito eficientes se comparadas com quantidades maiores de sílica ativa em termos de melhoria das propriedades mecânicas dos materiais à base de cimento. Além disso, proporciona o efeito filler levando a uma melhora na microestrutura com o refinamento dos poros.

A NBR 5752 – Materiais pozolânicos – Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT, 2014) é a mais recente norma que prescreve o método para determinação do índice de desempenho com cimento Portland dos materiais pozolânicos.

Contudo, esse plano de trabalho propôs a aplicação do método do índice de desempenho prescrito na NBR 5752 (ABNT, 2014) para avaliar a potencialidade da utilização da nanossílica coloidal incorporada aos materiais cimentícios buscando o desenvolvimento de conhecimento específico que pode contribuir de forma significativa para o estudo e a obtenção de concretos de alta resistência.

Material e Métodos





O programa experimental aqui proposto foi dividido em três etapas: caracterização dos materiais; moldagem e cura das argamassas com nanossílica; determinação do Índice de desempenho.

Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do cimento CII F-32:

1. Análise química (Fluorescência de raios – X)
2. Resíduo na # 75 um;
3. Tempo de início e fim de pega
4. Resistência à compressão aos 1, 7, e 28 dias.

Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização para a nanossílica:

1. Análise química (Fluorescência de raios – X)
2. Difração de raios X;
3. Microscopia Eletrônica de Transmissão

Foram confeccionadas argamassas (referência e com nanossílica), de acordo com o método para determinação do Índice de Desempenho de adições pozolânicas com o cimento Portland. O método determinou a quantidade de materiais suficiente para efetuar a moldagem de 6 corpos-de-prova de argamassa com relação água/cimento de 0,48, que foram rompidos aos 7 ou 28 dias para determinação do Índice de Desempenho.

Para que as misturas com adição de nanossílica coloidal tivessem consistência semelhante à da mistura referência foi utilizado um aditivo superplastificante a base de policarboxilato, em teor suficiente para manter o índice de consistência em +/- 10 mm do obtido com a argamassa referência. O índice de consistência foi determinado de acordo com o método descrito pela NBR 1326 (ABNT, 2005).

A nanossílica que foi utilizada nesta pesquisa é comercializada em forma de suspensão aquosa estável (nanossílica coloidal), desta forma, a dosagem das argamassas foram realizadas considerando a concentração de nanopartículas de SiO_2 desta suspensão (30%). Com o intuito de manter fixa a relação a/c em 0,48, a



quantidade de água da cada mistura em relação à mistura referência. A tabela 1 mostra a composição das argamassas que foram confeccionadas nesta pesquisa.

Após a confecção das misturas os corpos-de-prova foram moldados em fôrmas cilíndricas com dimensões 10 x 5 cm e mantidos úmidas durante 24 horas. Após este período os corpos-de-prova foram desmoldados e submetidos à cura submersos em água saturada de cal até a data do rompimento.

Para cada traço de argamassa produzida nesta pesquisa foram realizadas 2 argamassas, sendo que, para cada argamassa foram moldados 6 corpos-de-prova, totalizando 12 corpos-de-prova para cada traço. Dos 12 corpos-de-prova produzidos foram rompidos 4 em cada idade (1, 7 e 28 dias), desta forma, o Índice de Desempenho foi determinado aos 1, 7 e 28 dias.

A tabela 1 mostra a composição das argamassas produzidas nesta pesquisa.

Tabela 1 – Composição das argamassas.

N	ARGAMASSA	CIMENTO CII F-32	AREIA	ÁGUA	NS
1	REFERÊNCIA	624,0	1872	300,00	-----
2	NS- 1%	617,76	1872	285,55	20,8
3	NS- 2%	611,52	1872	271,10	41,6
4	NS- 3%	605,28	1872	265,66	62,4

Resultados e Discussão

A tabela 2 mostra a caracterização da nanossílica e do cimento portland CII F-32, os resultados encontrados estão em conformidade com a norma NBR5733 (ABNT 1991) que trata do cimento portland CII F-32.

Tabela 2- Resultados de Caracterização do Cimento Portland

Cimento	Tempo de pega	Blaine	#200	Resistência à compressão
---------	---------------	--------	------	--------------------------

Portland	Início	Fim			1 dia	7 dias	28 dias
	h:min	h:min	cm ² /g	%	MPa	MPa	MPa
CPII F-32	03:12	03:58	3.172	2,69	15,73	28,48	36,05

A tabela 3 mostra a composição química da nanossílica e cimento portland CPII F-32.

Tabela 3- Composição Química da nanossílica e cimento Portland

Componentes químicos		CCA	Cimento CPII-F32
Perda ao fogo		3,13	5,03
Resíduo insolúvel		-----	1,55
trióxido de enxofre (SO ₃)		-----	2,7
Óxido de magnésio (MgO)		1,07	1,52
Dióxido de silício (SiO ₂)		93,11	19,66
Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)		0,05	2,91
Óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)		-----	4,44
Óxido de cálcio (CaO)		0,46	64,35
Óxido de cálcio livre (CaO)		-----	0,79
Álcalis totais	Óxido de sódio (Na ₂ O)	1,81	0,08
	Óxido de potássio (K ₂ O)	-----	0,59
	Equiv. Alcalino	1,81	0,47
Álcalis solúveis em água	Óxido de sódio (Na ₂ O)	0,19	0,03
	Óxido de potássio (K ₂ O)	-----	0,3
	Equiv. Alcalino	0,19	0,23
Sulfato de cálcio (CaSO ₄)		-----	4,59
Umidade		-----	-----
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃		93,16	27,01

Foi possível constatar na nanossílica a presença elevada do composto químico Dióxido de silício (SiO₂), que é um agente reativo, em combinação com o elemento C-H do cimento portland, resulta no elemento C-S-H que é responsável pelo ganho de resistência das misturas cimentícias (MPa) durante o período de cura da mesma.

A figura 1 mostra a difração de raios X da nanossílica.

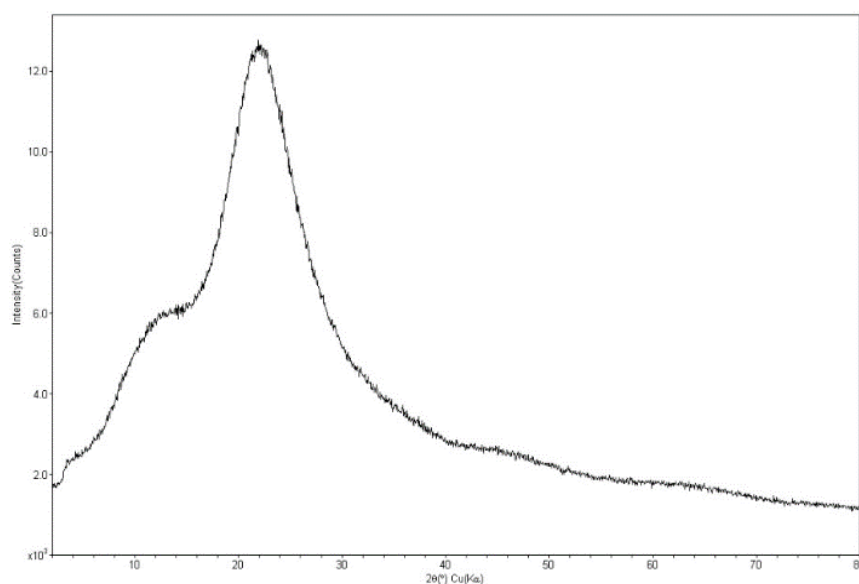


Figura 1- Difração de raios X da nanossílica.

O difratograma mostra que a nanossílica é uma substância completamente amorfa, ou seja, não apresenta picos cristalinos, essa característica significa que é um material altamente reativo nas argamassas de cimento portland.

A figura 2 nos mostra os aglomerados de partículas da nanossílica.

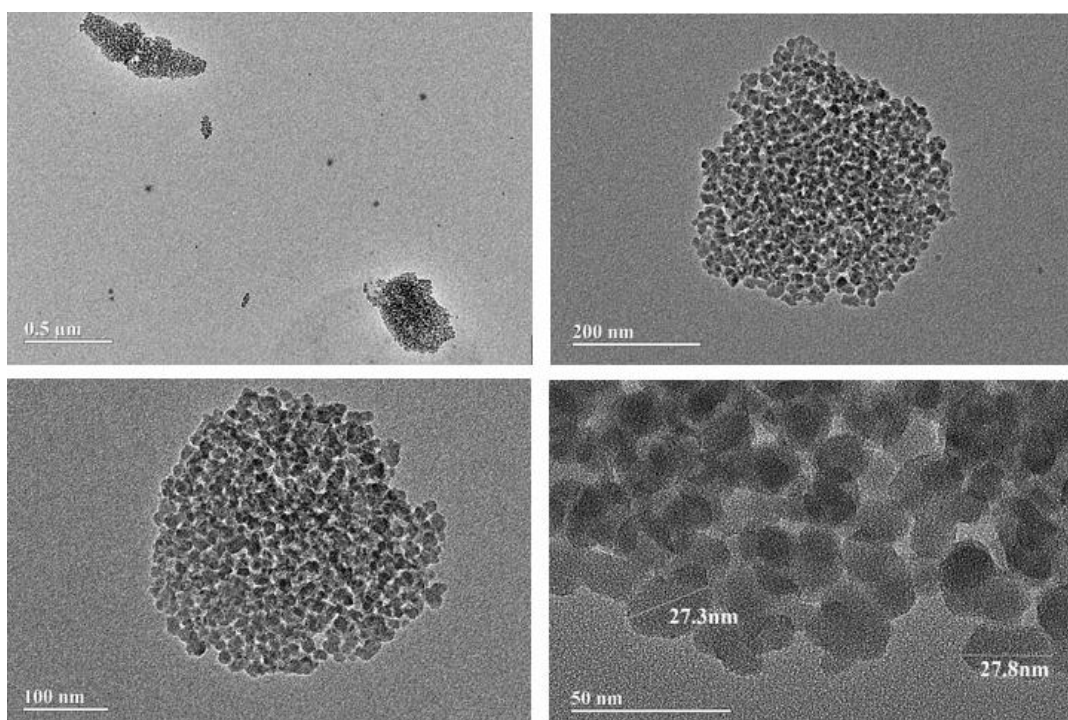


Figura 2- Granulometria a laser da nanossílica.

São nanopartículas (média de 27 micrometros) com formatos uniformes, isso faz com que essas partículas reajam de forma mais rápida à dissolução em água e também eleve a densidade da argamassa, suas nanopartículas vão reduzir

consideravelmente os poros da argamassa ocasionando mais densidade e aumento de resistência a compressão da mesma.

A tabela 4 nos mostra os resultados de resistência e índice de desempenho das amostras.

Tabela 4- Resultados de resistência e índice de desempenho.

N	ARG.	1 dia		7 dias		28 dias		Aditivo SP
		R. Média (MPa)	Índice de Desempenho	R. Média (MPa)	Índice de Desempenho	R. Média (MPa)	Índice de Desempenho	
1	REFERÊNCIA	15,73	100	28,48	100	36,05	100	-----
2	NS1	18,87	119,96	35,15	123,42	37,15	103,05	0,3
3	NS2	19,07	121,23	37,6	132,02	39,23	108,82	0,4
4	NS3	19,65	124,92	38,14	133,92	42,63	118,25	0,6

A figura 3 mostra em forma de gráfico, o desempenho das amostras.

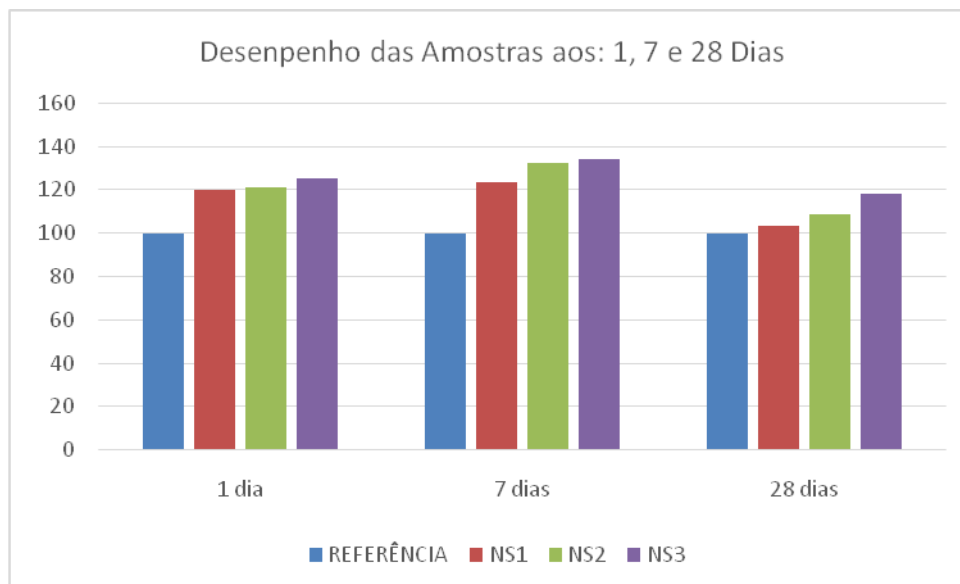


Figura 3- Índice de desempenho.



Desempenho das amostras de argamassas com nanossílica e sua relação com a argamassa referência, foi possível verificar que nas três amostras 1%, 2% e 3% de nanossílica, o ganho de resistência foi positivo com relação a argamassa de referência, sendo porém a amostra com 3% de nanossílica a que mostrou resultado mais positivo elevando consideravelmente a resistência a compressão da argamassa.

Considerações Finais

A nanossílica é um material pozzolânico de nanopartículas com grande capacidade reativa nas argamassas de cimento portland, se mostrando ser de grande potencial para elevação de resistência a compressão e índice de desempenho das argamassas, e com melhor desempenho em ganho de resistência logo nos primeiros dias durante o período de cura, a mistura que mostrou melhor desempenho foi com o teor de 3% de nanossílica. Os estudos dessa pesquisa foram muito positivos no sentido de nos agregar conhecimentos sobre as propriedades e comportamentos desses materiais, e também sobre o potencial dos mesmos à criação de materiais com propriedades mais eficientes para uso na construção civil, podendo trazer redução de custos, aumento de desempenho e menor tempo de execução em elementos com utilização de argamassas de concreto com cimento portland na construção civil.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Estadual de Goiás pela oportunidade de realização dessa pesquisa e pela infra-estrutura fornecida para desenvolvimento da mesma; espaços, laboratórios e materiais de pesquisa que prontamente nos foram cedidos para uso; Agradeço ao governo de Goiás que é o destinador de recursos para manutenção dessa universidade que está entre as melhores do país em qualidade de ensino; Agradeço ao servidor público brasileiro que através de suas contribuições tributárias são os principais mantenedores dessa tão importante instituição de ensino; e agradeço ao professor Dr. Daniel Alves de Andrade pela oportunidade de

REALIZAÇÃOPRG
Pró-Reitoria de
GraduaçãoPRP
Pró-Reitoria de
Pesquisa e
Pós-GraduaçãoPRE
Pró-Reitoria de
Extensão, Cultura e
Assuntos EstudantisUniversidade
Estadual de Goiás



participar desse trabalho de pesquisa científica que muito agregou conhecimentos à minha formação acadêmica.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.739: **Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1980.

NBR 12653: **Materiais pozolânicos _ Requisitos**. Rio de Janeiro, 2012.

NBR 5752: **Materiais pozolânicos – Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias**. Rio de Janeiro, 2014.

CERVANTES, M. J. P. et al. **Performance of chlorides Penetration and Corrosion Resistance of Mortars With Replancements of Rice Husk Ash and Nano-Sio₂**. International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE, 2015.

Dantas, M. H. O. **Avaliação dos efeitos da adição nanossílica em pó e coloidal em pastas de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Engenharia civil e ambiental, 2013.

MORAES, M. Q. **Contribuição aos estudos da influência da nanossílica nas propriedades mecânicas e na trabalhabilidade de concretos para produção em centrais e para fabricação de pré-moldados**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás. Goiânia- GO, 2012.

GLEIZE, P. J. P. **Nanotecnologia e materiais de construção**. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. Ed. São Paulo: Ibracon, 2007.

QUERCIA, G.; BROUWERS, H. J. H. **Application of nano-silica (nS) in concrete mixtures**. In: FIB INTERNATIONAL PHD SYMPOSIUM IN CIVIL ENGINEERING, 8th, 2010, Kongens Lyngby. Proceedings. Lausanne: The International Federation for Structural Concrete, 2010.