

Nanomateriais aplicados ao concreto

Nanomaterials applied to concrete



Walison de Castro Freitas

Graduando em Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: walison-wf18@hotmail.com

Henrique César Moura Goulart

Especialista em Gerenciamento de Obras, Tecnologia e Qualidade da Construção e Mestrando em Estruturas e Construção Civil. Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). e-mail: henriquegoulart07@gmail.com

Eduardo Pains de Moraes

Mestre em Engenharia Civil, Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). e-mail: eduardopm.edu.br

RESUMO: Este estudo de pesquisa de Iniciação Científica consistiu na avaliação da resistência característica à compressão do concreto utilizando-se adições de nanomateriais em sua dosagem. O principal objetivo deste trabalho foi provar, através de ensaios laboratoriais, que os nanomateriais podem aumentar a resistência do concreto expressivamente. Foi calculado um traço para um concreto convencional, sendo ele utilizado como referência para comparação com o Concreto de Alto Desempenho (CAD). O traço base foi calculado conforme determinam as normas da ABNT e através do método ABCP/ACI. Os corpos de prova foram rompidos com idades de 3, 7 e 28 dias, e os resultados encontrados das resistências para concretos produzidos com aplicação de nanomateriais foram satisfatórios, mostrando que a nanotecnologia aplicada ao concreto aumenta significativamente a resistência do concreto à compressão.

PALAVRAS-CHAVE: Nanomateriais. Nanotecnologia. Resistência. Concreto.

ABSTRACT: This study and research consisted of the evaluation of the characteristic resistance to the compression of the concrete by using additions of nanomaterials in its dosage. The main objective of this paper was to prove through laboratory tests that nanomaterials can increase the concrete's resistance expressively. A dash for a conventional concrete was calculated and used as reference for comparison with High Performance Concrete (CAD). The baseline was calculated according to ABNT norms and using the ABCP/ACI method. The test specimens were ruptured at ages 3, 7 and 28 days, and the results of the resistances for the concretes produced using nanomaterials were satisfactory, showing that the nanotechnology applied to the concrete increases significantly the resistance of the concrete to compression.

KEYWORDS: Nanomaterials. Nanotechnology. Resistance. Concrete.

INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é uma ciência nova, ainda pouca utilizada no Brasil. Essa ciência inovadora traz a possibilidade de revolução na área científica, pois tem como base o fato de propiciar o desenvolvimento de produtos mais aperfeiçoados e em maior quantidade de produção. Conforme relatam Lamb *et al* (2012, p. 63),

o termo “nanotecnologia” foi criado e definido em 1974, pela Universidade de Tóquio, mas foi no ano de 2000 que essa tecnologia começou a ser desenvolvida em laboratórios por meio de pesquisas em materiais em que se manipulam os átomos ou moléculas. Desde então a nanotecnologia tem proporcionado enormes avanços tecnológicos nas áreas da ciência e da engenharia. *Nano* é o prefixo que designa um bilionésimo de uma unidade de medida, ou seja, um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro. Os nanotubos de carbono são constituídos por tubos formados por folhas de carbono de grafite em forma cilíndrica que se acoplam em suas extremidades. O nanotubo tem parede única geralmente 1-3 nm (nanômetro) de diâmetro e um comprimento de 300 nm a 1 micrôn.

Desde que essa tecnologia foi criada, muitos projetos da área da engenharia têm se valido dela para melhorar a qualidade de materiais, como, por exemplo, o cimento. Atualmente, experimentos laboratoriais comprovam que a adição de materiais em escala nano no cimento melhora o desempenho do concreto.

Sabe-se que um dos grandes problemas do concreto convencional é a existência de um alto índice de poros que são responsáveis pela abertura de fissuras nas estruturas, provocando, assim, uma diminuição em sua vida útil. Com a adição de nanosílica, nanotubos de carbono, fíler calcário e superplastificantes, podem-se preencher estes poros por colmatação. A nanotecnologia aplicada ao concreto pode diminuir o número de poros existentes nele e, conseqüentemente, aumentar sua durabilidade, sua resistência à compressão e à tração.

Partindo, então, dessa possibilidade de melhoria do cimento pela nanotecnologia, este estudo teve por objetivo demonstrar como a utilização de nanosílica, de nanotubos de carbono, de fíler calcário e de superplastificantes como aditivos no concreto, poderá favorecer o aumento da resistência à compressão.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo de pesquisa de Iniciação Científica se desenvolveu no laboratório de Engenharia Civil do UNIPAM (Centro Universitário de Patos de Minas), onde foram realizados os ensaios experimentais utilizando-se os seguintes materiais e equipamentos: agitador mecânico, betoneira, frasco de Chapman, recipiente cilíndrico e haste de adensamento, espátula de aço, cone *slump test*, baldes, prensa

hidráulica, tanque de imersão, cápsulas para umidade, estufa, balança, peneiras da série normal e intermediária e provetas.

A caracterização dos materiais foi realizada seguindo todas as normas da ABNT para caracterização de materiais. Os cálculos foram feitos com ajuda do software Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para a massa unitária dos materiais foram compatíveis, uma vez que quanto maior o tamanho das partículas, menor será sua massa unitária. Observou-se que o filler não obedeceu a esse critério, pois suas partículas são menores do que as estabelecidas por norma.

TABELA 1. Massa Unitária dos agregados

Agregados	Massa Unitária (kg/m ³)
Areia Industrial	1.835,120
Brita 00	1.544,620
Filler Calcário	1.305,620

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Os valores encontrados para a massa específica dos materiais, como mostra a Tabela 2, não diferiu muito, uma vez que a quantidade de vazios neles é a mesma e eles são materiais de mesma granulometria.

TABELA 2. Massa específica dos agregados

Agregados	Massa Específica (g/cm ³)
Areia Industrial	2,730
Brita 00	2,660
Filler Calcário	3,070

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

Notou-se que quanto maiores forem as partículas do agregado, maior será o seu módulo de finura.

TABELA 3. Módulo de Finura dos agregados

Agregados	Módulo de Finura
Areia Industrial	2,46
Brita 00	5,00
Filler Calcário	0,275

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

O concreto convencional apresentou resistência característica à compressão aos 3 dias de 37,9 MPa, aos 7 dias de 41,0 MPa e aos 28 dias de 54,5 MPa.

A Tabela 4 abaixo nos mostra as resistências à compressão aos 3, 7 e 28 dias, do concreto com adição de filler calcário.

TABELA 4. Resistências à compressão aos 3, 7 e 28 dias do concreto com adição de filler

Porcentagem de Filler	Resistência do concreto aos 3 dias	Resistência do concreto aos 7 dias	Resistência do concreto aos 28 dias
5%	38,4	40,6	30,5
10%	36,9	35,7	30,1
15%	38,1	43,5	31,9
20%	45,0	52,2	48,0
30%	45,9	55,3	48,8
50%	50,2	55,4	48,8
100%	47,6	51,2	47,0

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

TABELA 5. Resistências à compressão aos 3, 7 e 28 dias do concreto com adição de 50% filler calcário e nanosílica

Quant. de Nanosílica (ml) para cada 100 kg de cimento	Resistência do concreto aos 3 dias	Resistência do concreto aos 7 dias	Resistência do concreto aos 28 dias
350	39,8	43,5	53,3
750	48,5	49,0	43,0
2700	38,1	43,5	42,5

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017

TABELA 6. Resistências à compressão aos 3, 7 e 28 dias do concreto com adição de 50% filler, 350 ml de nanosílica e porcentagem de microsílica

Porcentagem de Microsílica	Resistência do concreto aos 3 dias	Resistência do concreto aos 7 dias	Resistência do concreto aos 28 dias
15%	38,5	53,4	53,7
20%	32,2	47,5	56,7

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

Para o concreto com adição de nanotubos de carbono não foi possível verificar sua resistência aos 28 dias, pois o material chegou recentemente, onde o concreto foi feito no dia 15/02/2017, não sendo possível fazer o rompimento dos corpos de prova com idade de 28 dias.

TABELA 7. Resistências à compressão aos 3, 7 dias do concreto com adição de 50% filler, 350 ml de nanosílica e 20% de microsílica e porcentagem de nanotubos de carbono

Porcentagem de Nanotubos de carbono	Resistência do concreto aos 3 dias	Resistência do concreto aos 7 dias	Resistência do concreto aos 28 dias
0,02%	38,5	68,4	-
0,03%	32,2	66,8	-

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

CONCLUSÃO

As conclusões obtidas neste trabalho foram muito satisfatórias, principalmente porque, através dos resultados de três tipos de pesquisas, bibliográfica, teórica e experimental, foi comprovado que os nanomateriais, utilizados como adição no concreto, podem aumentar sua resistência.

Notou-se que os nanomateriais, além de aumentarem a resistência do concreto, atuam também como plastificantes, deixando o concreto mais trabalhável, o que influencia diretamente na sua resistência mecânica.

Neste trabalho foram feitas análises de adições de diversos materiais ao concreto, tais como o filler, a microsílica, a nanosílica e os nanotubos de carbono, para o alcance de uma resistência alta, onde foi verificado que esse concreto pode ser utilizado na construção civil, atendendo como um concreto especial de alta resistência (CAD), atingindo resistências superiores a 60 MPa.

REFERÊNCIAS

ANCELMO, Lailson. Slide Share. *Propriedades e dosagem do Concreto*, 2014. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/ancelmopi/material-dosagem>> Acesso em 23 de maio de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR NM 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos*, Rio de Janeiro, 4 de julho de 2011. 19p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento*, Rio de Janeiro, 15 de janeiro de 2015. 23p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR 5739: Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*, Rio de Janeiro, 28 de maio de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*, Rio de Janeiro, 29 de abril de 2014. 238p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação*, Rio de Janeiro, 29 de abril de 2009. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR 8953: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência*, Rio de Janeiro, 29 de janeiro de 2015. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica*, Rio de Janeiro, 30 de julho de 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR NM 26: Agregados – Amostragem*, Rio de Janeiro, 30 de outubro de 2009. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios*, Rio de Janeiro, 31 de março de 2006. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*, Rio de Janeiro, 30 de outubro de 2009. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone*, Rio de Janeiro, 28 de fevereiro de 1998. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. *NBR NM ISO 3310-1: Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação- Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico*, Rio de Janeiro, 7 de outubro de 2010. 20p.

BAUER, L. et al. *Materiais de construção: novos materiais para a construção civil*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015, v. 1.

CAPOTE, Victoria. Slide Player. *Dosagem do Concreto-Disciplina: Laboratório de Materiais de Construção*, 2015. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/2583891/> Acesso em 23 de maio de 2016.

CARVALHO, Roberto; FILHO, Jasson. *Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2003*. 3. ed. São Carlos, 2012. 367p.

GLEIZE, Philippe Jean Paul. “Nanotecnologia e materiais de construção civil”, in: ARCELOR MITTAL.. ELETROBRAS. VOTORANTIM CIMENTOS. INSTITUTO BRASILEIRO DO

CONCRETO. *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

GOLDONI, Alessandro Graeff. *Resistência à flexão e compressão em geopolímero com incorporação de nanotubos de carbono*. 85 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2014.

GUERRA, Ruy. Clube do Concreto, *Traço inicial-Curva de Abrams*, 2015. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2015/12/qual-o-ac-para-o-traco-inicial.html>> Acesso em 23 de maio de 2016.

ISAIA, G. *et al.* *Concreto: ciência e tecnologia*. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011 (2 vols.).

ISAIA, G. *et al.* *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010 (2 vols.).

Katisita. *Tecnologia de Concreto: Semana X: propriedades do concreto no estado fresco*. 2015. Disponível em: <<http://tecnocreto.blogspot.com.br/2015/07/semanax-propriedades-del-concreto-en.html>> Acesso em 23 de maio de 2016.

LAMB, R. G. *et al.* Nanotecnologia aplicada ao concreto. *Revista de Ciências Exatas e da Terra UNIGRAN*, 1(1): 62-66, 2012.

MARCONDES *et al.* Nanotubos de carbono em concreto de cimento portland: influência da dispersão nas propriedades mecânicas e na absorção de água. *Revista ALCONPAT*, 5(2): 98-116, 2015.

MEHTA, P.; MONTEIRO, Paulo. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MORAES, Mayara Queiroz. *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*. 144 fls. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2012.

PETRUCCI, E. G. *Concreto de Cimento Portland*. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1975.

Resolução CONAMA nº 307, 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

VLAK, L. H. V. *Princípios de ciência e tecnologia dos materiais*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1984.

WAMPLES, Lisa. eHow Brasil, *Concreto endurecido*, 2016. Disponível em:
<http://www.ehow.com.br/calcular-pesa-concreto-endurecido-como_47181/>
Acesso em 23 de maio de 2016.