

NANOTECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE CONCRETOS ESTRUTURAIS

Reapresentação do Congresso Online De Engenharia Estrutural., 1^a edição, de 12/08/2020 a 28/08/2021
ISBN dos Anais: 978-65-86861-36-5

OLIVEIRA; Sandilla Santana de ¹, ASSIS; Rita de Cássia Teixeira²

RESUMO

RESUMO A adição de nanotubos de carbono ao cimento Portland mostra-se um campo promissor de estudo, com um grande potencial a ser explorado. Nesse sentido, este trabalho faz uma revisão bibliográfica dos estudos de diferentes pesquisadores que, em comum, encontraram resultados promissores quanto ao aumento da resistência mecânica dos concretos nanoestruturados. Foram analisados estudos desenvolvidos na última década, onde se observou que a adição de nanotubos de carbono promove modificações significativas na microestrutura do cimento Portland, fazendo com o que o concreto obtido a partir da utilização do cimento nanoestruturado apresente maior resistência e durabilidade, contudo, percebe-se a necessidade de um aprofundamento nas análises afim de se obter resultados mais precisos. **PALAVRAS-CHAVE:** Nanotubos de Carbono; Concreto Estrutural; Microestrutura. **INTRODUÇÃO** O cimento é um material largamente utilizado na construção civil, estando presente no revestimento e no assentamento de diferentes tipos de edificações. Quando na forma de concreto, o composto cimentício desempenha funções fundamentais no que diz respeito a garantir a durabilidade e proteção das estruturas e alvenarias das edificações contra agentes do intemperismo (KNUTH *et al*, 2016). Conforme Lemes (2018), sabe-se que a adição de nanotubos de carbono à microestrutura do cimento Portland melhora suas características físico-mecânicas e que estas características influenciam na resistência final do composto de concreto obtido a partir da mistura deste elemento cimentício a outros agregados. Partindo disto, a presente investigação procura compreender em quais níveis estruturais se pode observar esta influência e, assim, trazer à luz qual tipo de reflexo ela imprime em componentes estruturais utilizados na construção civil. A literatura recente, especialmente os estudos produzidos pelo Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno (CTNano/UFMG), mostra que têm sido promissores os resultados obtidos em termos de resistência mecânica e durabilidade estrutural. Dessa forma, a motivação para se desenvolver tal análise deve-se ao interesse em se conhecer mais especificamente sobre a nanotecnologia aplicada a indústria da construção civil e também ao fato de que os nanotubos de carbono (NTC) vêm sendo empregados como forma de desenvolver materiais superiores aos originais, melhorando as propriedades dos compósitos (LI *et al*, 2005). Portanto, justifica-se esta investigação para que se possa conhecer as propriedades do cimento nanoestruturado e suas possíveis vantagens quando comparado ao cimento convencional, além disso, a relevância de trabalhos como este se encontra no fato de os avanços da nanotecnologia na construção civil se mostrarem atrativos ao interesse científico, pois os nanomateriais são vistos como candidatos auspiciosos à uma nova geração de materiais que podem ser empregados desde a criação de novos elementos até a melhoria dos já existentes, devido às suas características de multifuncionalidade e desempenho elevado. **OBJETIVOS** O objetivo geral da pesquisa é investigar se a adição de nanotubos de carbono ao cimento Portland, utilizado para a preparação do concreto, influencia positivamente na resistência mecânica de concretos estruturais, minimizando possíveis patologias estruturais futuras. Como objetivos específicos a serem desenvolvidos na pesquisa, tem-se: (i) fazer um comparativo entre o cimento Portland convencional e o cimento nanoestruturado; (ii) demonstrar, de forma

¹ Faculdade Vértix Tríriense, sandilla.oliveira@hotmail.com

² Faculdade Vértix Tríriense, ritaassis.univertix@gmail.com

teórica, as diferenças entre a resistência mecânica dos dois tipos de concreto provenientes da mistura dos dois tipos de cimento; e (iii) discorrer sobre a influência da adição dos nanotubos de carbono na microestrutura de compostos cimentícios quanto a prevenção de patologias estruturais. **METODOLOGIA** A metodologia empregada na pesquisa para desenvolver os objetivos seguiu a abordagem qualitativa de cunho bibliográfico. O referencial teórico da pesquisa está apoiado em autores como: Tragazikis *et al.* 2016; Knuth *et al.* (2016); Silva *et al.* (2016); Munir e Wen (2016); Villanueva (2015); Soares *et al.* (2018), entre outros, devido ao pioneirismo no aprofundamento dos resultados obtidos em território brasileiro. Durante o desenvolvimento do trabalho foram analisados alguns estudos divulgados até o ano de 2020, tendo como principais fontes de pesquisa, ferramentas de busca como *SciELO* e Google Acadêmico. Por se tratar de uma pesquisa comparativa teórica, os dados obtidos pelos autores citados foram tratados como basilares dos resultados obtidos e das comparações feitas, onde se discutiu uma possibilidade de emprego da nanotecnologia para a prevenção de patologias estruturais comuns a componentes que utilizam o concreto obtido da mistura de cimento Portland.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nanotubos de carbono, ou NTCs, são microestruturas formadas por átomos de carbono, com formato cilíndrico e que possuem propriedades mecânicas, térmicas e eletrônicas incomuns. Descoberta por volta dos anos 1990, este material tem sido alvo de estudos em diferentes áreas da ciência por seu potencial de aplicabilidade a diversas finalidades. Os nanotubos de carbono se dividem em duas categorias, quanto a sua camada de grafeno. Conforme explicam Knuth *et al* (2016): “Os NTC são estruturas formadas por átomos de carbono em arranjo hexagonal, na forma de uma ou mais folhas de grafeno enroladas de maneira concêntrica. Quando formados por uma camada são denominados nanotubos de paredes simples (NTCPs) e quando formados por duas ou mais camadas são denominados nanotubos de paredes múltiplas (NTCPm)”. Até a data presente, os resultados feitos pelos pesquisadores indicam que quando em comparação com o concreto convencional, o concreto obtido a partir do cimento nanoestruturado se mostra superior quanto a resistência mecânica e resistência a intempéries portanto, também superior quanto à resistência às patologias estruturais. Segundo Andrade Junior (2019), uma causa importante da ocorrência de patologias estruturais se dá pela baixa qualidade dos materiais empregados na construção civil. Conforme Villanueva (2015) apurou, durante pesquisas realizadas pelo IBAPE-SP, em construções com mais de uma década de existência, cerca de 60% dos danos que causam acidentes, são provocados por falhas estruturais. Nesse sentido, Marcondes *et al* (2015) afirmam que a adição de nanotubos de carbono ao cimento promovem modificações importantes em sua microestrutura, o que por sua vez permite a obtenção de concretos de melhor qualidade, quando se fala em resistência, porosidade e durabilidade. Do mesmo modo Chaipanich (2011) provou em seu estudo que há uma significativa redução do tamanho médio dos poros das pastas de cimento Portland, quando da adição dos NTC ao composto cimentício, o que provoca também uma significativa melhora nas estruturas obtidas a partir destas misturas de cimento nanoestruturado, pois a diminuição do diâmetro dos poros tende a permitir que menos agentes agressivos penetrem no concreto. Sob o mesmo ponto de vista, Makar *et al.* (2005) afirmam que este efeito de durabilidade elevada ocorre devido ao aumento das ligações de aderência que se formam na microestrutura da massa. Ademais, Souza *et al* (2016) asseguram que a adição de nanotecnologia ao cimento pode ser um grande avanço científico para este material, visto que o mesmo passou por poucas mudanças tecnológicas, a ponto de poderem ser consideradas evoluções. Especialmente quando se fala da adição de NTCs ao clínquer do cimento Portland, observam-se resultados promissores quanto no ganho de propriedades mecânicas e de parâmetros relacionados à durabilidade. Ainda de acordo com Souza *et al* (2016) adições entre 0,1% e 0,3% de NTCs ao cimento, através do clínquer nanoestruturado, são

¹ Faculdade Vértix Trirriense, sandilla.oliveira@hotmail.com
² Faculdade Vértix Trirriense, ritaassis.univertix@gmail.com

suficientes para uma melhora do concreto final quanto ao ganho de resistência, quando comparado ao concreto convencional, sem a adição destes nanomateriais. Em consoante, Li *et al* (2005) apontam uma melhora de desempenho de 19% na resistência à compressão e 25% na resistência à flexão com a incorporação de 0,5% de NTCPM em relação à massa de cimento convencional. Mesmo com resultados tão promissores obtidos, o uso do concreto nanoestruturado ainda não é uma realidade nas obras de construção civil no Brasil, devido ao fato de a tecnologia empregada ainda não estar disponível em larga escala de produção e à particularidades da mistura, como a tendência à aglomerações entre os NTCs durante sua mistura ao cimento. Soares *et al* (2018) salientam que quando os NTCs são incorporados às pastas de cimento através de uma mistura física, eles acabam por fazer com que a trabalhabilidade da mistura seja reduzida pois, devido à elevada área superficial específica destes nanomateriais ocorre um significativo aumento da viscosidade da mistura em estado fresco, o que também influencia a viscosidade do concreto obtido a partir desta mistura. Ainda assim, os estudos reológicos realizados por estes autores reafirmam a melhora da porosidade mecânica do concreto nanoestruturado devido ao melhor adensamento da pasta. Embora com bastante potencial de desenvolvimento, as tendências de aglomeração dos NTCs em matrizes cimentícias configuram-se no grande desafio de uso deste material. As forças de Van der Waals atuantes ocasionam a aglomeração dos NTCs (BHARJ *et al*, 2014). Para diminuição deste problema, é preciso que a dispersão destes materiais seja feita de maneira adequada, de forma a maximizar a área de contato interfacial entre os NTCs e a matriz do clínquer, melhorando a distribuição de esforços no compósito como um todo (SILVA *et al*, 2016). Ainda conforme Silva *et al* (2016), uma das possíveis formas de se minimizar este tipo de ocorrência é através da simples agitação mecânica da suspensão aquosa contendo os NYCs. Quando a agitação simples não for eficaz, pode-se associá-la tratamentos de ultrassom ou de origem físico/química. Nesse sentido, Borba (2013) afirma que o ultrassom é uma importante ferramenta na dispersão das aglomerações dos NTCs, pois cria uma tensão de cisalhamento entre os nanotubos, fazendo com que o tensoativo possa penetrar com mais facilidade nos mesmos e torne sua separação mais facilitada. De certo as propriedades mecânicas, elétricas e químicas dos NTCs superam os aspectos negativos e tornam este material potencialmente importante para ser usado como reforço estrutural em compostos cimentícios. Estima-se que os nanotubos de paredes simples (NTCPS) tenham em torno de 1,4 TPa de módulo de elasticidade e sua densidade ser próxima de 1,33 g/cm³, o que em simulações de mecânica molecular, permitiu concluir que a deformação dos NTCs fique em torno de 20% e 30% quando sob uma tensão de tração na ordem de 100 GPa e se mantenha estável, na maioria dos casos, quando sob trações de até 200 GPa (TRAGAZIKIS *et al* 2016; MUNIR e WEN, 2016). Infelizmente, ainda existem poucos estudos que relatem sobre a experiência da utilização dos NTCs na área da engenharia civil, especialmente no tocante à adição dos NTCs ao cimento para a obtenção de novos tipos de concretos (MELO, 2009).

CONCLUSÕES

Tal qual observado durante a revisão bibliográfica, os estudos realizados sobre a temática no Brasil se encontram em fase inicial, porém apontam resultados promissores e indicam um vasto campo de possibilidades a ser explorado.

Em conformidade com os autores analisados neste estudo, a adição de nanotubos de carbono ao cimento Portland apresenta um ótimo resultado quanto ao melhoramento da resistência mecânica do concreto obtido o que mostra que, de fato, a adição de nanotubos de carbono é eficiente no reforço de concretos estruturais e, consequentemente, acarretam uma diminuição de patologias como fissuras e rachaduras.

Entretanto, também se observa que o alto custo e as possíveis aglomerações entre os componentes da mistura são dificuldades a serem superadas para a utilização do concreto nanoestruturado em larga escala.

Por fim, observa-se que mais ensaios devem ser realizados, para que se obtenham

¹ Faculdade Vértix Trirriense, sandilla.oliveira@hotmail.com
² Faculdade Vértix Trirriense, ritaassis.univertix@gmail.com

investigações e resultados mais específicos quanto à adição dos NTC a compostos cimentícios, ampliando assim o campo de utilização dos nanotubos de carbono na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotubos de Carbono, Concreto Estrutural, Microestrutura.