

ANÁLISE COMPARATIVA DA ADERÊNCIA ENTRE FIBRA DE AÇO E MATRIZ CIMENTÍCIA COM E SEM O TRATAMENTO DE NANO SÍLICA

João Vitor Prado da Silva¹; Dr Ramoel Serafini² (orientador)

RESUMO:

No concreto reforçado com fibras de aço (CRFA), a aderência entre as fibras e a matriz cimentícia é um fator crucial para situações pós fissuração, pois as fibras atuam como pontes de transferência de tensão em fissuras. Diante disso, esse estudo teve como objetivo investigar a influência do tratamento de deposição de nano sílica na superfície da fibra de aço com ponta em gancho para verificação da sua aderência à matriz cimentícia. Para isso, ensaios de arrancamento com dupla face de múltiplas fibras foram realizados. Em que 19 corpos de prova em formato *dog-bone* foram utilizados sem tratamento (ST) e 12 com tratamento (CT). Os resultados revelaram um aumento na resistência da aderência entre a fibra e a matriz de 80% para o pico máximo de interação da fibra e a matriz, 68% no arrancamento da fibra com relação ao cisalhamento e 92% do efeito de ancoragem dos ganchos.

INTRODUÇÃO:

O concreto é o material mais versátil e essencial atualmente para ramo da construção civil, onde só no Brasil a produção de concreto estima-se que anualmente são consumidas 30 milhões de metros cúbicos (Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, 2018). E durante muitas décadas o concreto foi empregado juntamente com armaduras de aço, com intenção de melhorá-lo no esforço na resistência à tração, tornando-o como concreto armado (SANTOS et al, 2020). No entanto, o concreto armado tem como desvantagem a baixa ductibilidade, “o que implica em menor vida útil das estruturas e deterioração mais rápida após os primeiros sinais de fissuras ou outras patologias” (H.L. HERSCOVICI et al, 2019).

Dessa forma segundo HERSCOVICI et al (2019) a adição das fibras no concreto torna-se fundamental para a redução dessa fragilidade do concreto convencional, tornando-o mais resistente ao esforço de tração e um ganho na ductibilidade. Assim proporcionando uma diminuição considerável das quantidades e no tamanho das aberturas dessas fissuras. Portanto a conexão entre as fibras e a matriz de cimento desempenha um papel crucial



nesta pesquisa, uma vez que é por meio dessa interação que é realizada a análise. Neste contexto, torna-se imperativo identificar os elementos que exercem influência nessa relação entre fibra e matriz, conforme destacado por FIGUEREIDO (2022), abrangendo tópicos como a composição da matriz, a configuração geométrica das fibras, a natureza do material fibroso (seja ele de aço, polímero ou de origem natural), as particularidades superficiais das fibras, a relação de rigidez entre as fibras e a matriz, a direção de orientação das fibras (seja alinhada ou disposta aleatoriamente), o volume de fibras presente, a durabilidade das fibras no compósito e o seu comportamento ao longo do período de avaliação. Com relação a ligação entre a matriz e as fibras pode ser dividida em duas categorias: físico-química, que envolve adesão e atrito, e mecânica, relacionada à ancoragem pela interação entre fibras e geometria.

Dessa maneira este trabalho tem como objetivo analisar a influência da deposição de nano sílica na superfície da fibra de aço com ponta em gancho na aderência na conexão entre fibra e a matriz cimentícia, por meio do ensaio de arrancamento de dupla face com 4 fibras.

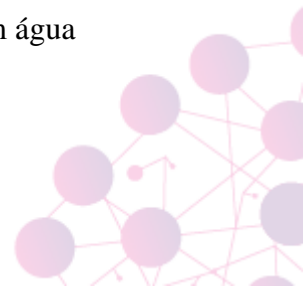
PALAVRAS-CHAVE:

Concreto com fibra, Nano sílicas, Aderência, Arrancamento e Fibra de aço.

MÉTODO:

A metodologia adotada baseou-se nos métodos propostos por Oh et al. (2021). O experimento foi conduzido nos laboratórios do Departamento de Engenharia da Universidade São Judas - Unidade Mooca, com a seguinte seleção de materiais: fibras de aço com gancho simples (Dramix 3D 80/60-BG), cimento CP-V ARI RS e um aditivo superplastificante à base de éter de policarboxilato (GCP ADVA-Cast 525).

O processo experimental começou com o tratamento das fibras, envolvendo lavagens iniciais e secagem em estufa a 60°C por 10 minutos. Em paralelo, foi preparada uma solução contendo 500 ml de Na₂CO₃ (soda cáustica) com 1% de eletrolítica de EDTA, seguida pela adição de 500 ml de CaCl₂. As fibras foram então imersas nessa solução por 22 horas, lavadas e submersas em álcool anidro. Concomitantemente, uma solução foi preparada com 500 ml de álcool etílico, 40 ml de TEOS e 1% de CTAB, na qual as fibras foram sonificadas por 45 minutos. Além disso, foram adicionados 40 ml de solução de amônia concentrada e mantida a síntese a 45°C por 12 horas, seguida por 24 horas em temperatura ambiente. As fibras foram, por fim, retiradas da solução e lavadas com água



destilada por 5 minutos, secas a 70°C e armazenadas em sacos herméticos dentro de um dessecador até a fabricação dos corpos de prova.

Na fase de moldagem dos corpos de prova, a composição da argamassa baseou-se no estudo de SERAFINI et al. (2021), conforme detalhado na Tabela 1. Inicialmente, um desmoldante foi aplicado às formas de moldagem, e em seguida, um conjunto de quatro fibras de aço foi fixado a cada espécime de formato "dog-bone" por meio de um papel de 300g/m². Para a preparação da argamassa, um misturador mecânico (Metal Cairo AG-5) foi utilizado. O procedimento envolveu misturar a argamassa por 30 segundos em alta velocidade, seguidos de períodos de baixa e alta velocidade para cada nova adição, incluindo cimento, agregado fino e superplastificante.

Uma vez preparada a argamassa, ela foi despejada nas formas de cilindro e "dog-bone", preenchendo metade do molde para cada espécime. Após 24 horas, a estrutura de fixação foi removida e a outra metade do molde foi preenchida com argamassa, seguindo o mesmo procedimento, à exceção de ser adicionada apenas uma forma cilíndrica adicional. Todos os corpos de prova foram então colocados em uma câmara de umidade e submersos em água com hidróxido de cal.

Tabela 1 – Dosagem de materiais para produção de 1m³ de argamassa.

Materiais	Dosagem (kg/m ³)
Cimento Portland	31,33
Areia natural (kg)	25,77
Areia artificial (kg)	25,77
Água (gramas)	10,11
Superplastificante (g)	9,60

Autor, 2023

Na última etapa foi realizada os ensaios de rompimento de 3 corpos de provas cilíndricos após os 28 dias por meio de uma prensa hidráulica, Solotest – 1505.220. Outro ensaio realizado foi a do arrancamento por meio uma prensa eletromecânica, EMIC DL 10000, que foi conduzido com uma taxa de carregamento de 1,0 mm/min. Neste foram ensaiados no total de 19 corpos de prova em formato *dog-bone* foram utilizados sem tratamento (ST) e 12 com tratamento (CT).



RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Como instrumento de avaliação, empregou-se a análise dos resultados para determinar a influência do tratamento de deposição de nano sílica na superfície das fibras no ensaio de arrancamento. Essa análise envolveu a comparação dos resultados gerados pelos gráficos de força em relação à deformação, de modo similar ao procedimento realizado no estudo de Oh et al (2021). Em foi constatado que a rugosidade quadrática média, R_q , da amostra de fibra simples aumentou cerca de duas e nove vezes devido ao efeito quelante da solução eletrolítica de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) e do revestimento de nanopartículas de nano sílicas na superfície da fibra, respectivamente. Sendo que no desempenho à tração obteve uma resistência de 20,3 Mpa, capacidade de deformação de 0,99% e de densidade de energia igual a 159,1 kJ/m³. Quanto este trabalho presente obteve os seguintes gráficos de tensão pela deformação e resultados apresentados na Tabela 2:

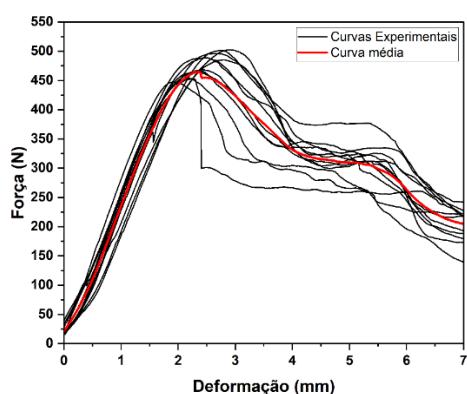


Gráfico 01 – Curva de Tensão e Deformação das espécies SEM TRATAMENTO.

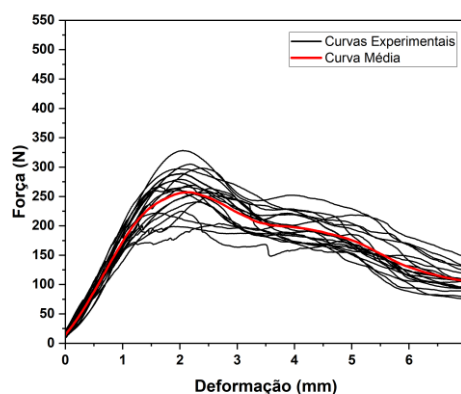


Gráfico 02 – Curva de Tensão e Deformação das espécies COM TRATAMENTO.

Tabela 2 – Comparação entre espécies SEM TRATAMENTO e COM TRATAMENTO.

	PL1		PL2		PL3	
	Deformação (mm)	Força (N)	Deformação (mm)	Força (N)	Deformação (mm)	Força (N)
ST	2,14386	257,08851	3,99892	197,51535	6,68708	111,10828
CT	2,34877	464,39917	3,99399	332,12498	6,68912	213,58211
CT/ST	1,80638		1,68151		1,92229	

Autor, 2023



CONCLUSÕES:

A realização do trabalho permite concluir que a deposição de nano sílicas na superfície da fibra de aço com ponta em gancho houve um aumento de na resistência da aderência entre a fibra e a matriz de 80% para o pico máximo de interação da fibra e a matriz, 68% no arrancamento da fibra com relação ao cisalhamento e 92% do efeito de ancoragem dos ganchos, comparado com os resultados da fibra de aço que não teve o tratamento.

REFERÊNCIAS:

FIGUEREIDO, A.D. Concreto reforçado com fibras, Texto apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Livre Docente. São Paulo, 2011.

HERSCOVICI, H. L.; ROEHL, D.; SÁNCHEZ FILHO, E. DE S. Experimental studies of short concrete reinforced steel fiber beams under bending. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, v. 12, n. 2, p. 288–307, 2019.

OH, T. et al. Deposition of nanosilica particles on fiber surface for improving interfacial bond and tensile performances of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete. *Composites. Part B, Engineering*, v. 221, n. 109030, p. 109030, 2021.

SANTOS, V. C. DOS et al. Vigas de concreto reforçado com fibras de aço submetidas à flexão. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 16, n. 1, p. 01–15, 2020.

SERAFINI, R. et al. Bond-slip response of steel fibers after exposure to elevated temperatures: Experimental program and design-oriented constitutive equation. *Composite structures*, v. 255, n. 112916, p. 112916, 2021.

