

## 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

### ESTUDO DA TENSÃO DE ADERÊNCIA ENTRE BARRAS DE AÇO E CONCRETO PRODUZIDO COM AGREGADOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

JOSÉ EDUARDO Q. SIMÕES<sup>1</sup>, RAPHAEL S. SPOZITO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Bacharelado em Engenharia Civil, Voluntário PIVICT, IFSP, Câmpus Votuporanga, j.simoes@aluno.ifsp.edu.br

<sup>2</sup> Professor orientador, Mestre em Engenharia Civil, IFSP, Câmpus Votuporanga, rsposito@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.01.01.01-8 Materiais e Componentes de Construção

**RESUMO:** Contribuir para reutilização de resíduos da construção civil (RCD) é papel fundamental na preservação dos recursos naturais. Pesquisas recentes apresentam resultados favoráveis com incorporação de resíduos para produção de concreto estrutural, ou seja, com desempenho de resistência mecânica atendendo o mínimo estabelecido pela norma. No concreto armado a tensão de aderência entre barras de aço e concreto é um fator que permite a utilização destes materiais em conjunto. Para tanto, este estudo visa a análise da resistência da tensão de aderência entre barras de aço e concreto com substituição parcial de agregados miúdos naturais por agregados resíduos de construção civil. Com a caracterização dos materiais, foi possível calcular os traços de controle e de substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduo, possibilitando a confecção dos corpos de prova controle, os quais, após 28 dias, passarão pelos ensaios de compressão, tração por compressão diametral, absorção de água e o ensaio de arrancamento. Posteriormente, os corpos de prova com RCD serão confeccionados e passarão pelos mesmos ensaios, permitindo análise dos resultados obtidos e viabilidade técnica quanto ao uso de agregados recicláveis considerando a tensão de aderência entre barras de aço e concreto.

**PALAVRAS-CHAVE:** tensão de aderência; concreto; barras de aço; resíduos da construção civil.

#### STUDY OF THE BOND STRESS BETWEEN STEEL BARS AND CONCRETE PRODUCED WITH AGGREGATES WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION

**ABSTRACT:** Contributing to the reuse of civil construction waste (CCR) in the execution of works is a fundamental role in the preservation of natural resources. Recent researches show favorable results with the incorporation of residues for the production of structural concrete, that is, with mechanical resistance performance meeting the minimum established by the standard. In reinforced concrete, the bonding stress between steel bars and concrete is a factor that allows the use of these materials together. Therefore, this study aims to analyze the tensile strength of adhesion between steel bars and concrete with partial replacement of fine natural aggregates by civil construction waste aggregates. With the characterization of the materials, it was possible to calculate the control traces and partial replacement of the fine natural aggregate by waste, enabling the preparation of specimens, which, after 28 days, will be submitted to compression, tensile by diametral compression test, water absorption and the pullout test. Subsequently, the test specimens with CCR will be manufactured and will undergo the same tests, allowing the analysis of the results obtained and the technical feasibility regarding the use of recyclable aggregates considering the bonding stress between steel bars and concrete.

**KEYWORDS:** bond strength; concrete; steel bars; construction waste.

#### INTRODUÇÃO

A crescente expansão imobiliária pode causar inúmeros transtornos ao meio ambiente, como a enorme geração de resíduos, que muitas vezes são descartados em locais inapropriados, comprometendo áreas de preservação ambiental e de mananciais (PASSOS; MORENO JUNIOR, 2018, p. 362). Neste

contexto, a redução do impacto negativo ao meio ambiente está diretamente ligada à reutilização e reciclagem desses materiais. As primeiras ideias para a reutilização dos resíduos da construção civil, foram registradas após a Segunda Guerra Mundial, pela necessidade da reconstrução das cidades destruídas no período (ANONI; TRIGO; PIETROBON, 2020, p. 3).

Ainda de acordo com Anoni, Trigo e Pietrobon (2020, p. 3), os benefícios do uso de resíduos não se dão somente pela sustentabilidade, mas também pelo ganho de desempenho das misturas, visto que o RCD possui grande quantidade de finos promovendo maior empacotamento dos vazios, reforçando a matriz cimentícia do concreto reciclável. No estudo, os autores verificaram a eficiência do concreto produzido com agregado miúdo RCD, que mostrou melhoria na resistência à compressão e à tração, viabilizando o uso deste material em concretos estruturais.

Portanto, este estudo visa a análise da interferência na tensão de aderência entre barras de aço e concreto com substituição parcial de agregados miúdos naturais por agregados resíduos de construção civil, verificando se a alteração dos agregados naturais miúdos por agregados de resíduo da construção interfere de forma significativa na resistência da tensão de aderência entre o concreto e a barra de aço.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa está sendo realizada de maneira experimental com as diretrizes definidas em normas pertinentes ao tema. O agregado de RCD foi fornecido pela empresa Mejan Ambiental de Votuporanga-SP. Os demais materiais utilizados, como barras de aço, brita, areia e cimento (Portland CP II F-32), foram fornecidos pelo IFSP e adquiridos na região de Votuporanga.

A caracterização dos materiais segue as diretrizes das normas: NBR NM 248:2003 para o ensaio de análise granulométrica, a NBR 16916:2021 e NBR 16917:2021 para massa específica absoluta e a NBR 16972:2021 para o ensaio de massa unitária. As características do cimento utilizado, CP II F-32, são disponibilizadas pelo fornecedor.

Para a dosagem do concreto foi adotado o método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), elaborado por Rodrigues (1984), sendo uma adaptação do método americano ACI (*American Concrete Institute*). Conforme a NBR 8953:2015, o concreto estrutural deve ter resistência característica à compressão de no mínimo 20 MPa aos 28 dias para estruturas em concreto armado. Assim, as características do concreto foram definidas, adotando 25 MPa de resistência à compressão aos 28 dias de idade e consistência de  $50 \pm 10$  mm.

Foram definidos 4 traços de concreto, sendo: traço controle sem substituição de agregado miúdo (TR\_Controle), traço com 10% de substituição de agregado miúdo (TR\_10), traço com 25% de substituição de agregado miúdo (TR\_25), traço com 50% de substituição de agregado miúdo (TR\_50); os quais terão a moldagem e cura de acordo com a NBR 5738:2016. Os corpos de prova de concreto foram moldados em formas cilíndricas com dimensões de 20 cm de altura e 10 cm.

Está previsto a confecção de 9 corpos de prova por traço de concreto. A consistência de cada traço de concreto está sendo realizada de acordo com o ensaio de trabalhabilidade pela NBR NM 67:1998. Com 28 dias de idade, os corpos de prova serão submetidos aos ensaios de compressão, tração, absorção de água e arrancamento.

De acordo com a NBR 5739:2018, o ensaio de compressão consiste na aplicação uniaxial de carga compressiva sobre o corpo de prova. Os resultados obtidos nesse ensaio consistem na relação entre a deformação linear, obtida pela medida da distância entre as placas que comprimem o corpo de prova, em função da carga de compressão aplicada em cada instante.

Figura 1 – Ensaio de arrancamento.



Fonte: Doria, Sales e Andrade (2015, p. 619)

A NBR 7222:2011 normatiza o ensaio de tração, onde o corpo de prova é colocado com o eixo horizontal entre os pratos da prensa, sendo aplicada uma força até a sua ruptura por tração indireta.

O ensaio de absorção de água será realizado de acordo com a NBR 9778:2009, que consiste na secagem da amostra e determinação da sua massa na condição seca, em seguida, a amostra é saturada e determinada a sua massa na condição saturada e imersa em água.

O ensaio de arrancamento é normatizado pela RILEM/CEB/FIP RC6 (1983, *apud* DORIA; SALES; ANDRADE, 2015, p. 619), que consiste no arrancamento de uma barra de aço de um corpo de prova de concreto o qual é colocado sobre placas de apoio em um equipamento de ensaio (Figura 1). Em um dos extremos da barra é aplicada a força de tração, e no outro mede-se o escorregamento (deslizamento).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as características dos materiais, obtidos através dos ensaios de caracterização.

As curvas granulométricas dos agregados são apresentadas na Figura 2, onde todos os agregados se encontram na zona ótima dos limites superiores e inferiores, com exceção do resíduo (RCD), que se encontra na zona utilizável inferior de acordo com a NBR 7211:2009.

Tabela 1 – Características dos materiais.

Agregado	Diâmetro Máx. (mm)	Módulo de Finura	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	Massa Unitária Solta (kg/m <sup>3</sup> )	Massa Unitária Compactada (kg/m <sup>3</sup> )
Areia Natural (AN)	4,8	2,79	2,646	1568	1637
Resíduo (RCD)	4,8	2,18	2,451	1277	1404
10% RCD (R10)	4,8	2,69	2,625	1571	1641
25% RCD (R25)	4,8	2,58	2,611	1511	1591
50% RCD (R50)	4,8	2,40	2,565	1497	1553
Brita (BT)	25,0	6,67	2,858	1519	1619

Fonte: o próprio autor.

Na tabela 2 são apresentados os traços de concreto controle, 10% de RCD, 25% de RCD e 50% de RCD.

Após o preparo do concreto controle, foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone, sendo que o resultado apresentado se mostrou satisfatório por corresponder com o esperado em análise experimental (abatimento de 50±10 mm). Na sequência, os corpos de prova foram confeccionados e após 24 horas levados ao tanque para cura por imersão conforme a Figura 3.

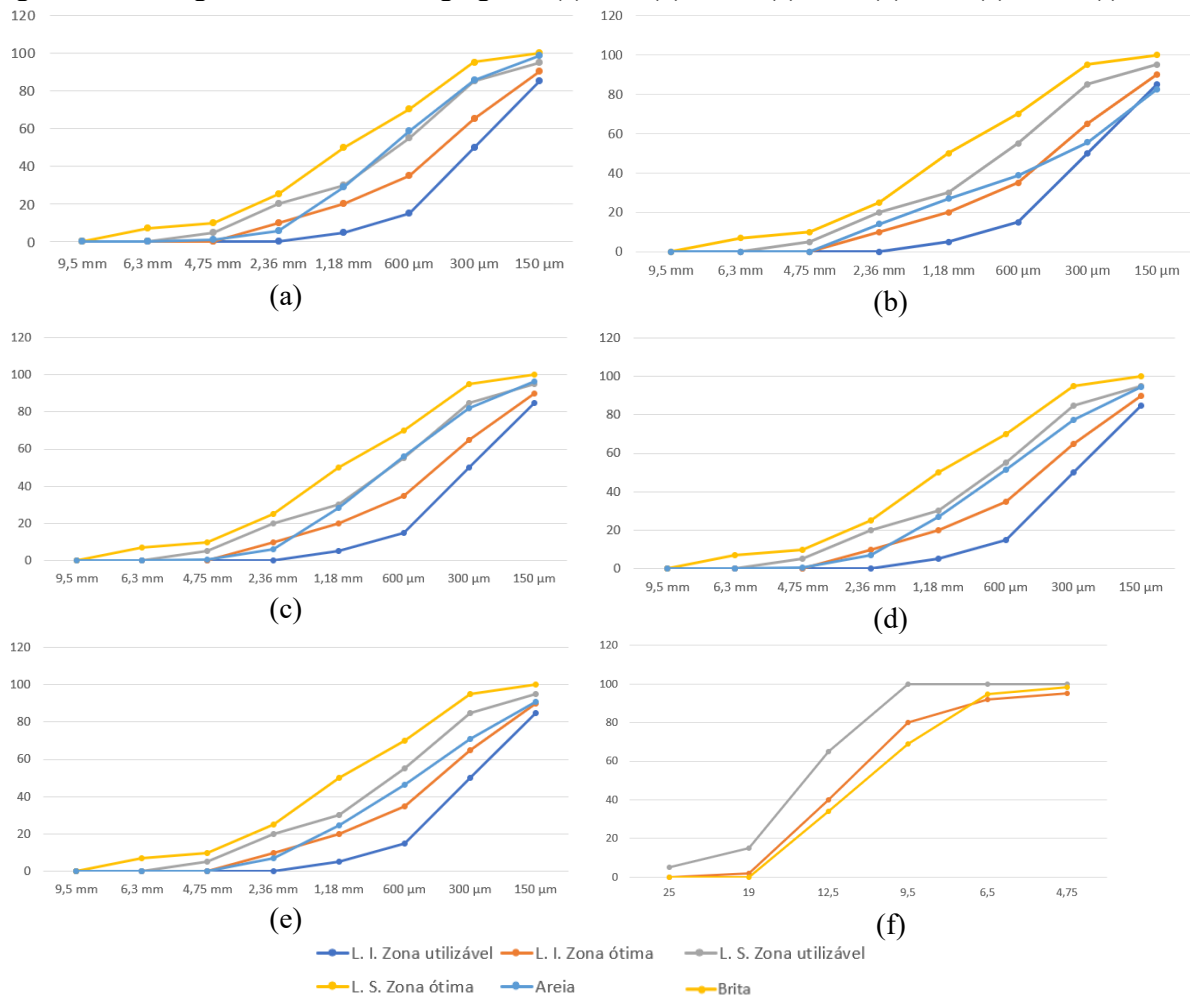
Foram produzidos 16 corpos de prova controle, sendo 6 deles produzidos com um segmento de barra de aço, de 10 mm de diâmetro, inserido já durante a concretagem, numa profundidade de 100 mm, ou seja, dez vezes o diâmetro nominal da barra. A norma NBR 6118:2014 recomenda que, em apoios intermediários, o comprimento de ancoragem deve ser igual a 10 vezes o diâmetro da barra.

Tabela 2 – Traços referência.

TR_Control	TR_10	TR_25	TR_50
1:1,898:2,813:0,475	1:1,848:2,854:0,475	1:1,847:2,844:0,475	1:1,697:2,970:0,475

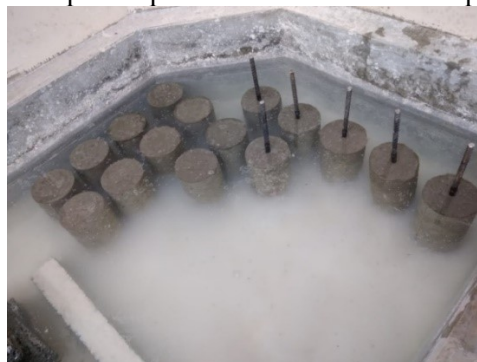
Fonte: o próprio autor.

Figura 2 - Curva granulométrica dos agregados (a) AN, (b) RCD, (c) R10, (d) R25, (e) R50 e (f) BT.



Fonte: o próprio autor.

Figura 3 – Corpos de prova armazenados no tanque de cura.



Fonte: o próprio autor.

## CONCLUSÕES

O principal objetivo do trabalho é o estudo da aderência entre barras de aço nervuradas e concreto com uso de resíduos. Até o momento foi realizado a caracterização dos materiais e confecção dos corpos de prova com traço controle. Os ensaios para os corpos de prova do traço TR\_Control; TR\_10, TR\_25 e TR\_50 permitirão uma análise da interferência de resistência de aderência entre as barras de aço e o concreto. As próximas etapas de estudo consistem na realização dos ensaios mecânicos dos corpos de prova com traço controle, moldagem e ensaios dos corpos de prova com incorporação de RCD.

## REFERÊNCIAS

- ANONI, L. G.; TRIGO, A. P.; PIETROBON, I. Produção de concretos estruturais utilizando resíduos de construção e demolição. **ANAIS DO 62º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2020 – 62CBC2020**, Florianópolis-SC, set. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16917**: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR/NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR/NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- DORIA, M. R.; SALES, A. T. C.; ANDRADE, N. F. de A. Aderência aço-concreto e entre concretos de diferentes idades em recuperação de estruturas **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, vol. 8, no. 5, p. 604-624, out. 2015.
- RODRIGUES, P. P. F. Parâmetros da dosagem racional do concreto. **34ª Reunião de técnicos da indústria do concreto**, São Paulo, 1984.
- PASSOS, L.; MORENO JUNIOR, A. L. Estudo da tensão de aderência entre barras de aço e concretos com agregados de resíduos de cerâmica vermelha. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 361-375, out./dez. 2018.