

# ANÁLISE TEÓRICA E EXPERIMENTAL DA ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO

Priscila Calegari Gonçalves<sup>1</sup>; Jackson Deliz Ditz<sup>2</sup>

1 Graduada em Engenharia Civil. Faculdade Meridional. [priscilacalegari@gmail.com](mailto:priscilacalegari@gmail.com)

2 Orientador. Mestre em Engenharia Civil. Professor da Escola Politécnica, Faculdade Meridional. [jackson.ditz@imed.edu.br](mailto:jackson.ditz@imed.edu.br)

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo relacionado a aderência entre o concreto e o aço, por envolver muitos influenciadores no seu desempenho, é complexo e de suma importância (CASTRO, 2002).

O concreto é um material que tem boa capacidade de resistir aos esforços de compressão e, por este motivo, é um dos materiais mais utilizados na construção civil; porém, não resiste adequadamente aos esforços de tração e, assim, deve ser armado. Para ter uma boa adequação aos dois materiais, portanto, eles devem trabalhar como um único material e isso só é possível com uma adequada aderência. (CARVALHO e FIGUEIREDO FILHO, 2014).

É a aderência (impeditivo do escorregamento da barra no concreto) que traz condições apropriadas para a finalidade do concreto armado (NBR 6118, 2014). Nesse sentido, é que se abordou estudo comparando como a tensão de aderência se comporta na prática e como se comporta em sua teoria, segundo a NBR 6118/2014.

Devido a importância da aderência no concreto armado, o objetivo do presente estudo é analisar o cálculo da tensão de aderência da NBR 6118/2014 em sua teoria e comparar com os resultados experimentais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Usou-se 6 barras de aço CA-50 de 10 milímetros: 6 frações de 50 centímetros.

Para o emprego do concreto, conforme exposto na Quadro 1, foi utilizado traço comum.

Quadro 1 – Traço definido para utilização na pesquisa pelo próprio autor (2018).

fck	Cimento (CP-V)	Areia	Brita	Relação a/c
25 MPa	1	3,1	3,1	0,65

Fonte: O autor (2019).

Ainda, utilizou-se cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI, Itambé), com cura de 14 (quatorze) dias. Segue, no Quadro 2, especificações:

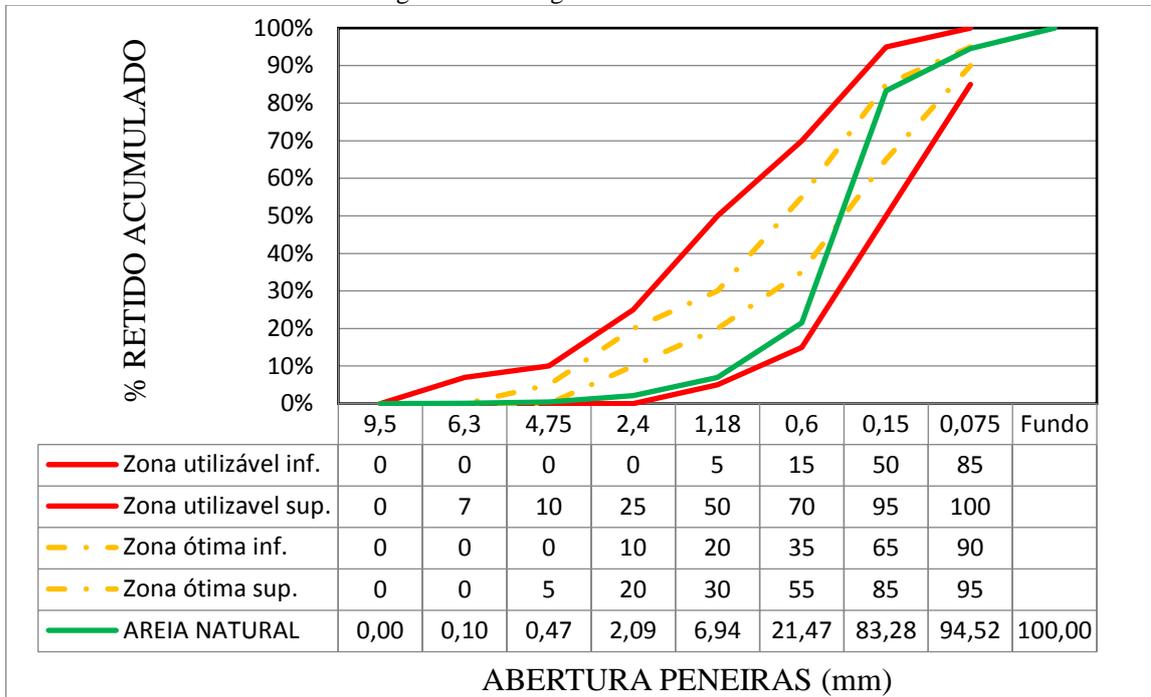
Quadro 2 - Especificações técnicas Cimento Portland de alta resistência inicial – CP V-ARI.

PARÂMETROS	CP V – ARI
Tempo de início de pega (horas)	≥ 1
MgO (%)	≤ 6,5*
Perda ao fogo (%)	≤ 6,5
Resíduo insolúvel (%)	≤ 3,5*
SO <sub>3</sub> (%)	≤ 4,5
<b>Resistência à compressão (MPa)</b>	
3 dias	≥ 24,0
7 dias	≥ 34,0
28 dias	-
* No caso de cimentos resistentes a sulfatos derivados do cimento CP V, não há limitação para Resíduo Insolúvel e MgO	

Fonte: adaptado de especificações que constam no próprio saco de cimento (2019).

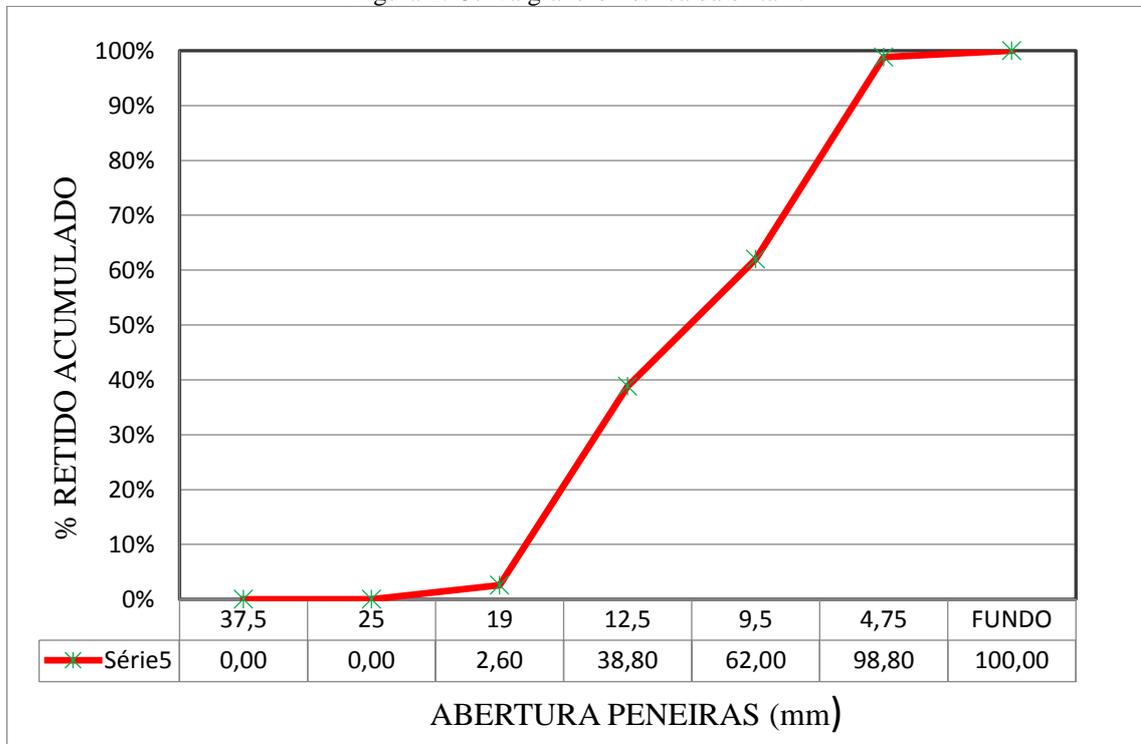
Assim, representou-se, na Figura 1, a curva granulométrica da areia média e na Figura 2 a curva granulométrica da brita 1.

Figura 1: Curva granulométrica da areia média.



Fonte: O autor (2019).

Figura 2: Curva granulométrica da brita 1.



Fonte: O autor (2019).

Conforme em Almeida Filho (2006), os 6 corpos de prova foram feitos com seção transversal circular, em tubo de PVC, com altura e diâmetro de 10 centímetros. No trecho não-aderente, foi colocada uma mangueira plástica. Tanto a parte inferior quanto a superior

possuíam uma “tampa” de madeirite com uma abertura no centro que possibilitou a passagem da barra e da concretagem, como mostra na figura 2.

Figura 2 – Foto da forma dos corpos de prova.



Fonte: O autor (2019).

Valeu-se de um extensômetro que, originalmente, determina o alongamento das barras de aço quando sujeitas à tração. O equipamento teve o clipe inferior retirado e solidarizado a um dispositivo adaptador de aço feito em tornearia, que é suficientemente rígido para que sua deformação seja desprezível – para medir o escorregamento da barra de aço, conforme é possível verificar na figura 3. Cabe ressaltar que o dispositivo foi parafusado ao pórtico da máquina de ensaios, permitindo assim o ensaio de arrancamento (figura 4).

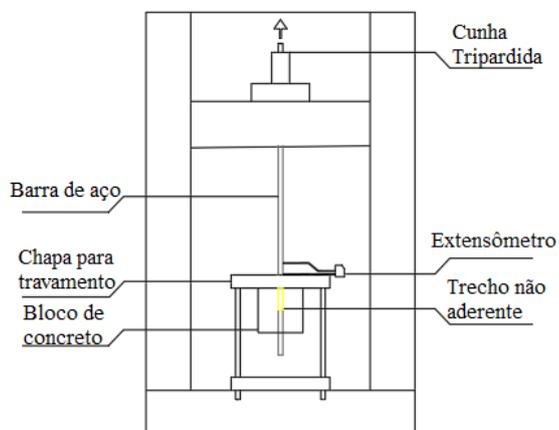
Figura 3 – Extensômetro.



Fonte: O autor (2019).

Foi feito o ensaio de arrancamento simples proposto pela RILEM, utilizando-se, para tanto, do aparelho de marca EMIC, modelo DL-10000, tudo conforme trazido na figura 4.

Figura 4: Ensaio de arrancamento simples.



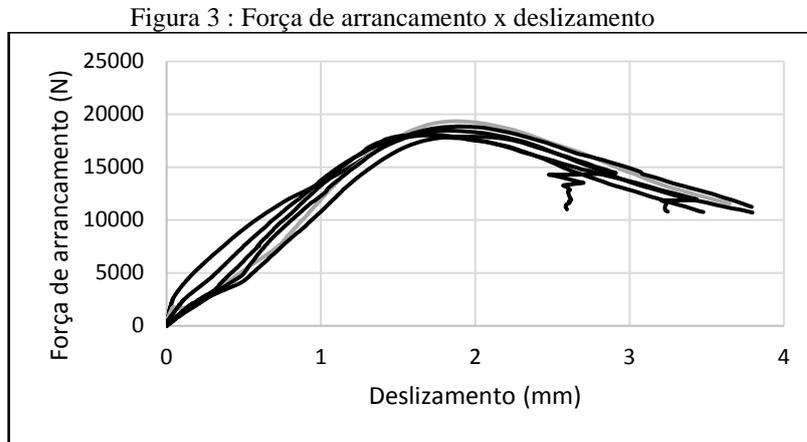
Fonte: O autor (2019).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais obtidos após o ensaio de arrancamento, podem ser visualizados no Figura e Quadro 3. É possível perceber a tensão máxima de aderência, a tensão

média, o desvio padrão e coeficiente de variação.

A linha em cinza claro mostra a tensão de aderência da amostra 2, que foi descartada pelo *Crítério de Chauvenet*, que desconsidera valores espúrios.



Fonte: O autor (2019).

O gráfico mostra que todas as amostras se comportaram de forma semelhante, começando em uma fase elástica, onde, com a aplicação da força mantém um deslizamento linear, depois disso entra na fase plástica, iniciando um comportamento parabólico e, logo após, atinge o limite da resistência de aderência da barra, seguindo da ruptura e de um decréscimo na força de arrancamento.

A tensão máxima de aderência experimental, foi calculada através da expressão:

$$\tau = \frac{P}{\pi * \ell b * \emptyset} \quad [1]$$

Sendo:

**P** = Força máxima

**∅** = Diâmetro da barra

**ℓb** = Comprimento aderente

Na Tabela 3 pode-se visualizar os resultados das 6 amostras, o valor de tensão máxima, valores de desvio e o deslizamento obtido na ruptura.

Quadro 3: Tensão de aderência experimental.

Corpos de prova	Tensão máxima de Aderência (MPa)	Deslizamento na ruptura (mm)
Amostra 1	11,75	1,820
Amostra 2 (espúrio)	12,31	1,86
Amostra 3	12	1,892
Amostra 4	11,39	1,876
Amostra 5	11,48	1,593
Amostra 6	11,5	1,713
Desvio padrão	0,22	0,117
Coef. de variação	1,9%	6,52%

Fonte: O autor (2019).

Para a resistência de aderência teórica, usou-se a NBR 6118/2014, dada pela expressão

$$fbd = \eta 1 \times \eta 2 \times \eta 3 \times fctd \quad [2]$$

Onde:

***f<sub>ctd</sub>***: Resistência à tração do concreto de cálculo.

**η<sub>1</sub>**: Dependente do aspecto superficial das barras: barras nervuradas (aço CA50) = 2,25

**η<sub>2</sub>**: Situação de aderência: barras com má aderência = 0,7

**η<sub>3</sub>**: Função do diâmetro da barra: diâmetros menores do que 32 milímetros = 1,0

O *f<sub>ctd</sub>* pode ser calculado pela expressão 3.

$$f_{ctd} = 0,15 \times \sqrt[3]{f_{ck}^2} \quad [3]$$

Onde:

***f<sub>ck</sub>***: Resistência característica do concreto à compressão.

Assim, calculamos:

$$f_{ctd} = 0,15 \times \sqrt[3]{25^2}$$
$$f_{ctd} = 1,28 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,25 \times 0,7 \times 1 \times 1,28$$
$$f_{bd} = 2,016 \text{ MPa}$$

A tensão de aderência experimental, nas 6 amostras, tiveram um resultado muito superior ao valor que a tensão de aderência resultou através do cálculo na teoria. Isso ocorre porque a NBR 6118/2014 é muito conservadora, garantindo inteiramente a segurança usando fatores para a preservar a aderência.

## 5 CONCLUSÕES

Diante do exposto, é que se verificou que o valor teórico comparado ao prático é discrepante. A NBR 6118/2014 usa rigorosos fatores de segurança, sendo o valor teórico é 6,1 vezes menor que o prático para o concreto que se utilizou os experimentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA FILHO, Fernando Menezes de. **Contribuição ao estudo da aderência entre barras de aço e concretos auto-adensáveis**. 2006. 310 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 256 p.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: Segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014. 415 p.

CASTRO, Clayton Moreira. **Concreto de alto desempenho: Estudo da aderência com a armadura sob ações repetidas**. 2002. 223 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

RILEM-FIP-CEB (1983). **Bond test for reinforcing steel: pull-out test**, recommendation RC 6. *Concrete Reinforcement Technology*, Paris, França.