

# ANÁLISE DO ENSAIO DE FADIGA EM AÇO PARA CONCRETO

Guilherme Bergaro Sagula de Almeida<sup>1</sup>, William Naville<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> Engenharia de Materiais, Centro universitário FEI  
 guilhermebergaro@gmail.com ; wnaville@fei.edu.br

**Resumo:** Esse trabalho apresenta a atualização da norma ABNT NBR 7478 - “Método de ensaio de fadiga para concreto armado” dividido em redação da mesma e elaboração de um ensaio piloto para verificar os padrões propostos. O primeiro método proposto foi analisado e percebeu-se a fratura na região da garra em todos os corpos de prova e óxidos superficiais que reduzem a vida à fadiga. A proposta definitiva, somada ao método de proteção da garra, não foram ensaiados devido à pandemia de COVID-19.

## 1. Introdução

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT /CB) são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Para garantir a qualidade dos produtos que atuam no mercado brasileiro é importante que as normas para verificação das especificações sejam devidamente redigidas e empregadas, garantindo a qualidade dos resultados dos ensaios.

O motivo da atualização da Norma ABNT NBR 7478 é alinhar o método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado com outras normas usadas globalmente, pois a antiga edição utilizava um corpo de prova concretado, tornando-a positivamente abrangente, porém de difícil exequibilidade. [1]

## 2. Metodologia

O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo estas: redação da atualização da ABNT NBR 7478 e elaboração de um ensaio piloto vigente na nova versão da norma.

O autor participou do CE 28:002.01 – Comissão de Estudos de Aços para Concreto Armado e Protendido, o qual consiste em reuniões mensais deste comitê da ABNT para debater, dentre outros assuntos, as atualizações sobre trabalho de revisão da ABNT NBR 7478 (Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado).

Realizou-se o ensaio de acordo com o descrito na ISO 15630 (2015) em relação ao corpo de prova, onde, entre outras especificações, destacam-se: nenhuma mudança no mesmo em relação à uma possível usinagem, principalmente sob as nervuras e comprimento livre mínimo de 224 mm (utilizou-se 240 mm).

Um primeiro grupo de ensaios foi realizado desta maneira: a razão de carregamento foi fixada em 0,2 e em cada ensaio variou-se a tensão superior em relação a

diferentes porcentagens do limite de escoamento nominal (método A). Porém, foi decidido junto ao comitê que é melhor se adequar ao método previsto na norma ABNT NBR 6118(2014):  $\sigma_{sup}$  fixo em 80% do limite de escoamento nominal enquanto varia-se a  $\sigma_{inf}$  e, por consequência, a razão de carregamento (método B) [2].

O ensaio de fadiga foi realizado na máquina de ensaios universais (MTS 810) no centro universitário da FEI com frequência de 4 HZ e para cada ponto da curva utilizou-se 3 corpos de prova.

Os corpos de prova fraturados na garra foram analisados por macrografia para verificar se a fratura ocorreu ou não na mesma. Quando os resultados eram muito discrepantes foi realizada micrografia e microdureza para descobrir possíveis causas.

O ensaio de microdureza foi realizado com passo de 0,1 mm e 3 medidas para cada distância do centro. Para a micrografia utilizou-se sequência de lixas 220#, 320#, 400#, 600# e polimento em 6 e 1  $\mu$ m com ataque em Nital 2% com tempo médio de submersão de 10 segundos.

## 3. Resultados

Utilizando o método A, obteve-se a curva de Wohler descrita na figura 1 e, com ela, foi possível obter a equação 1.

$$\sigma_a = 1411,6 \times N^{-0,183} \quad (1)$$

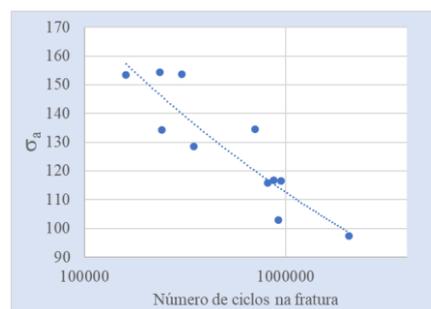


Figura 1 – Curva de Wohler pelo método A.

As análises fractográficas foram realizadas para diferenciar as fraturas ocorridas na garra. Sendo assim, sempre que houver material entre a marca da garra e a propagação da trinca denominou-se uma ruptura ocasionada somente pelo aumento da tensão devido a força de aperto, fato que foi observado em 9 dos 10 corpos de prova fraturados.

O único caso que houve uma fratura iniciada na marca da garra foi no corpo de prova denominado 60%\_2, como visto na figura 2. Vale a ressalva que a classe de 60% do limite de escoamento nominal foi a que apresentou menor discrepância nos resultados.



Figura 2 – Macrografia 60%\_2.

Tendo em vista a discrepância nos resultados da classe de 70% do limite de escoamento, realizou-se micrografia e microdureza nos corpos de prova 70%\_1 (N = 243357) e 70%\_2 (N = 705552).

O perfil de dureza abriu a possibilidade de justificativa da discrepância dos resultados ser dada por meio de um defeito ou descontinuidade superficial na amostra. Como visto na figura 3, existe algum tipo de têmpera superficial durante o processamento da amostra, devido a presença de martensita nessa área e, com o distanciamento da superfície, predomina a perlita. Outro fator para discrepância dos resultados é um filme de óxido superficial na amostra que apresentou baixo número de ciclos, possivelmente proveniente da fabricação.

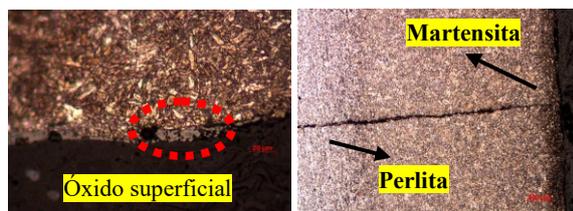


Figura 3 – Micrografia 70%\_1

Sendo assim, a justificativa para discrepância no nível de carregamento 70% é justificada pela rugosidade, defeitos ou descontinuidades na superfície. Somado ao fato de que a profundidade da estrutura martensítica em relação à distância do núcleo não é homogênea.

Não foi possível realizar todos os ensaios referentes ao método B devido à pandemia de COVID-19. Com a ausência desses testes, também não foi possível a realização de uma proposta precisa para métodos que protejam a região da garra, a fim de evitar a fratura na mesma.

Devido sua ductilidade, fora testado o tubo de aço 1020 recozido para evitar a concentração de tensões, porém, a fratura continuou ocorrendo na região da garra, como visto na figura 4.



Figura 4 – Teste para tubo de proteção

Na visita técnica à empresa Protende MHK Engenharia foi demonstrado o método de proteção deles que, de acordo com o relato, apresenta uma boa reprodutibilidade e uma pequena fração dos corpos de

prova fratura na região da garra. Tal método consiste em envolver a peça com uma clavete e colocar o conjunto dentro de um tubo de aço.

Por fim, na visita ao laboratório de estruturas no prédio de engenharia civil da USP fora demonstrado um método que contemplava os anteriormente apresentados com adicional de algumas outras técnicas.

Utiliza-se um par de cantoneiras de alumínio revestidas internamente com metal duro em contato direto com o vergalhão, o qual previamente passa por um jateamento com granalhas de aço somente na região da garra. Esse conjunto é colocado dentro de um tubo de aço 1020 e inseridos em uma clavete para, assim como a Protende, inserir em um outro tubo que entrará em contato com a garra adaptada.

Devido a não confirmação prática desses métodos analisados pelo autor, não foi possível determinar precisamente como realizar o ensaio e minimizar fraturas na região da garra. Deixa-se como sugestão para futuros projetos a determinação de um método.

Apesar da impossibilidade de determinação de um ensaio piloto, foi decidido junto ao comitê CB28 da ABNT que cabe ao laboratório ou entidade a realização do ensaio de acordo com o requisitado na norma e a análise de possíveis métodos apresentados anteriormente está mais do que suficiente para a averiguação técnica.

#### 4. Conclusões

A falta de proteção na garra ocasiona em um aumento de tensão justificado pelo coeficiente de Poisson e, por consequência, a região se torna crítica e somente uma fratura não ocorreu em decorrência deste fato. A discrepância em resultados da mesma classe foi justificada por diferenças superficiais entre as barras.

Apesar de apresentação de possíveis métodos para evitar a fratura na região da garra, não foi possível determinar um padrão definido de metodologia para proteção.

Não foi possível realizar os ensaios no método definitivo apresentado na norma e averiguar as diferenças entre as duas metodologias de ensaio analisadas.

Com auxílio do comitê CB28 da ABNT foi possível redigir a atualização da norma ABNT NBR 7478 – método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado.

#### 5. Referências

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1982). *NBR 7478: Método de ensaio de fadiga para barras de aço para concreto armado*. Rio de Janeiro.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). *ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas para concreto - procedimento*. Rio de Janeiro.

#### Agradecimentos

Ao laboratório de estruturas no prédio de engenharia civil da USP e à Protende MHK pelo compartilhamento da metodologia. Ao comitê CB28 da ABNT e à Dinateste IND. E COM. LTDA. pelos ensinamentos e compartilhamento de material.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 08/19 a 08/20.