

CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS ORTOTRÓPICAS DE AÇOS API X80

Leandro Chagas da Silva¹, Lucas Nodari Gomes da Silva², Gustavo Henrique Bolognesi Donato³

^{1,2,3} Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

¹ unieleasilva@fei.edu.br / ³ gdonato@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho visa a caracterização das propriedades mecânicas ortotrópicas de aços API X80. Para tanto, realizaram-se ensaios de tração a 0°, 45°, 90° (em relação à direção de laminação) e também na direção da espessura do material, contando com captura de imagens em planos específicos dos espécimes durante os testes, as quais foram pós-processadas em rotinas especialmente desenvolvidas em Matlab para aplicação da correção de Bridgman às curvas tensão-deformação verdadeiras. Ao final, objetiva-se gerar uma base de dados das propriedades mecânicas dos materiais estudados.

1. Introdução

Gasodutos são tubulações responsáveis por transportar gases altamente compressíveis, geralmente inflamáveis, desde sua extração até as unidades de distribuição. Esses dutos possuem diâmetros variando entre 150 mm e 2500 mm, com paredes de espessuras entre 5 mm e 32 mm, sendo fabricados em materiais de alta resistência mecânica e tenacidade, classificados segundo a norma API 5L [1] e fornecidos em forma de chapas ou bobinas.

Nesse âmbito, acidentes envolvendo gasodutos podem ser catastróficos, pois as altas pressões envolvidas promovem fenômenos de fratura acompanhados de grande liberação de energia em um curto espaço de tempo, fazendo com que as trincas se propaguem por centenas ou milhares de metros a velocidades que podem ultrapassar 400 m/s, causando danos materiais e humanos [2].

Tendo isso em vista, e dada a elevada responsabilidade destas estruturas, o conhecimento da resposta dos materiais sob condições de falha é de extrema relevância. Neste contexto, esta pesquisa buscou caracterizar, por meio de ensaios de tração com análise de imagens, o comportamento mecânico de aços API X80, amplamente empregados na fabricação de gasodutos, objetivando definir de forma criteriosa as propriedades elasto-plásticas e de absorção de energia destes materiais a partir de curvas tensão-deformação verdadeiras corrigidas por Bridgman até a ruptura.

2. Metodologia

Foram fabricados corpos de provas (CP's) para ensaio de tração a partir de chapas de aço API X80, respeitando os procedimentos e geometrias de amostras da norma ASTM E8/E8M [3]. Ainda, dada a ortotropia do material decorrente dos processos de fabricação de dutos, foram extraídos corpos de provas em diferentes direções planares (0°, 45° e 90° em relação à direção de laminação) e também na direção da espessura (Figura 1), segundo metodologia desenvolvida por [4].

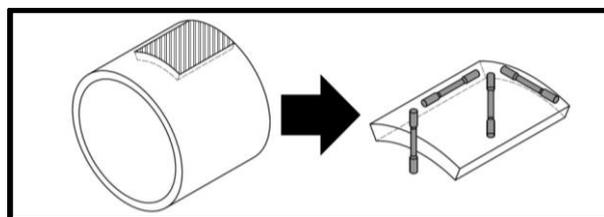


Figura 1- Direções dos corpos de prova.

Na sequência, ensaios de tração foram conduzidos utilizando a máquina universal de ensaios MTS do laboratório de materiais do Centro Universitário FEI. Durante os testes, duas câmeras de alta resolução foram posicionadas de forma frontal e lateral ao espécime (defasadas de 90°, Figura 2a), com o objetivo de capturar imagens para estudo das deformações e evolução da estrição nos planos citados. Para tanto, cuidados com a iluminação e preparação dos CP's foram tomados para que se definisse adequadamente o contorno do espécime.

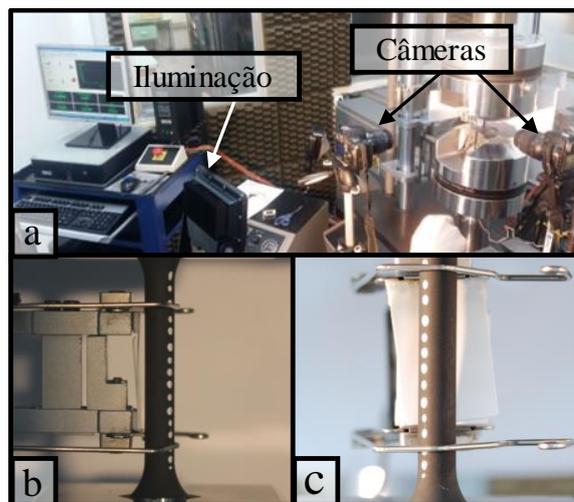


Figura 2 - (a) Preparação da máquina de ensaios para captura das imagens; (b) Imagem capturada pela câmera lateral; (c) Imagem capturada pela câmera frontal.

A direção da acâmera frontal é normal ao plano de laminação da chapa. As fotos obtidas foram processadas em rotina Matlab, para determinar o raio da circunferência osculadora à estrição (R) e o raio da menor seção transversal do corpo de prova (a) (Figura 3) a cada instante do ensaio, definindo o fator k (equação 1), utilizado para correção de Bridgman das curvas tensão vs. deformação verdadeiras (equação 2) [5].

$$k = \frac{1}{\left(1 + \frac{2R}{a}\right) \cdot \ln\left(1 + \frac{a}{2R}\right)} \quad (1)$$

$$\sigma_B = k \cdot \sigma \quad (2)$$

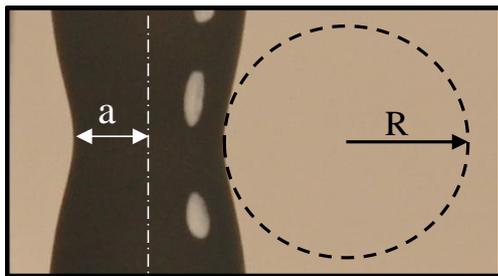


Figura 3 - (R) Raio da circunferência osculadora a estrição e (a) raio da menor seção transversal do corpo de prova.

Deste modo, cada ensaio inicialmente gerou duas curvas tensão vs. deformação verdadeiras e corrigidas por Bridgman, visto que a ortotropia do material promove diferentes deformações em cada plano da chapa. Portanto, com o objetivo de obter uma única curva para cada CP, e partindo do pressuposto que a anisotropia presente resultou em áreas elípticas na superfície de fratura, como observado na Figura 4, determinaram-se as curvas tensão vs. deformação verdadeiras e aquelas corrigidas por Bridgman – neste caso, foi utilizado um fator k médio entre o tratamento frontal e lateral de forma exploratória, o que ainda é alvo de investigações.



Figura 4 - Seção da fratura do espécime.

3. Resultados

Os ensaios realizados, juntamente com o tratamento das imagens, resultaram em curvas conforme a Figura 5 e 6 sendo que as propriedades frontal e lateral resultaram em curvas diferentes, no caso do aço estudado.

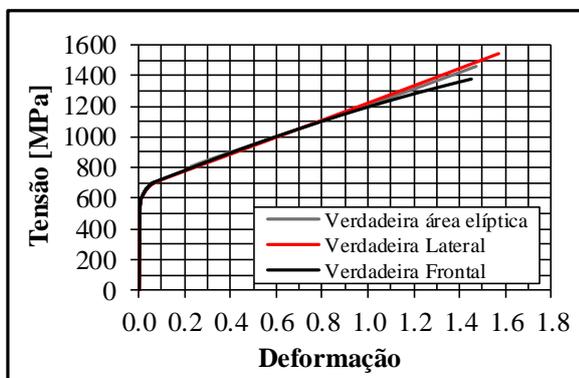


Figura 5 - Curvas tensão vs. deformação verdadeiras

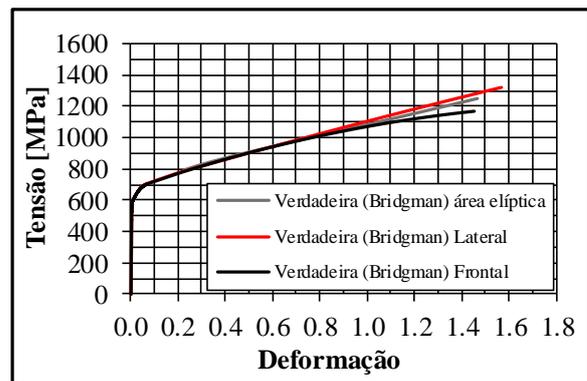


Figura 6 - Curvas tensão vs. deformação verdadeiras e corrigidas por Bridgman.

4. Conclusões

Com essa pesquisa foi possível caracterizar propriedades mecânicas de aços API X80 com análise de imagens em dois planos. Notou-se que a ortotropia foi marcante e a seção da fratura aproximou-se de uma elipse. Assim constata-se a importância de se buscar metodologias que permitam definir parâmetros mais apropriados para a correção de Bridgman para o caso de ortotropia em análise.

Observa-se também que as curvas tensão vs. deformação com área elíptica e k médio situaram-se entre as curvas do plano frontal e lateral, o que era esperado.

5. Próximas atividades

- Estudar como se desenvolve o raio da circunferência osculadora e o raio da menor seção transversal nos demais planos.
- Determinar a curva média a partir das réplicas para cada direção e chapa.
- Criar um banco de dados com as propriedades do aço API X80 estudado, assim como de boas práticas.

6. Referências

- [1] API. API 5L: Specification for Line Pipe. 45ª. ed. Washington D. C.: API Publishing Services, 2013.
- [2] N. E. Dowling, “Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue,” 4ª ed., Nova Jersey, Prentice Hall, 2012.
- [3] ASTM a770/A770M: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic. West Conshohocken: ASTM International, 2015.
- [4] L. N. G. d. Silva, “Desenvolvimento de metodologia para confecção e ensaio de amostras extraídas da espessura de chapas grossas – parte 1: ensaios de tração” S. B. do Campo, 2016.
- [5] P. W. Bridgman, Studies in large plastic flow and fracture, 1ª ed., New York: McGraw-Hill Book Company, 1952.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa PIBITI. À FEI pelos equipamentos e recursos. Ao coautor Lucas N. G. da Silva. Ao orientador Prof. Dr. Gustavo H. B. Donato.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI (CNPq). Projeto com vigência de 08/19 a 08/20.