

ANÁLISE DA TENSÃO DE FLEXÃO ENTRE METAIS

BRUNO MELLO DE FREITAS^{1*}; ARLINDO PIRES LOPES²; GABRIEL GOMES CAMPELO³;
AMANDA KAROLINE DOS SANTOS FALEIROS⁴; PATRICK PEREIRA DE SOUZA⁵

¹MSc. Professor, UEA, Manaus-AM, bfreitas@uea.edu.br;

²Dr. Professor, UEA, Manaus-AM, alopes@uea.edu.br;

³Aluno, UEA, Manaus-AM, ggc.emt@uea.edu.br;

⁴Aluna, UEA, Manaus-AM, akdsf.emt16@uea.edu.br;

⁵Aluno, UEA, Manaus-AM, ppds.emt16@uea.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

Resumo: Na atualidade pouco se compara os resultados de ensaios mecânicos de flexão entre diferentes materiais, para melhorar a aplicabilidade estrutural entre eles. A flexão em um material define suas características quanto à sua resistência a força cortante, sua dureza e capacidade de armazenar energia quando deformado. Este trabalho analisou os resultados da força cortante e do momento fletor pelo ensaio de flexão de três pontos, realizado em diferentes materiais como aço CA-25 (ABNT NBR 6153), aço CA-50 (ABNT NBR 7480 e ABNT NBR 6153), liga de alumínio-magnésio AA 5052 (ASMT E855-90) e chapa de aço 1020. No resultado do limite de resistência, obteve-se o valor máximo de 2.120,27 MPa para o aço CA-50, 1.435,89 para o CA-25, 1.318,44 MPa para o SAE 1020 e um valor mínimo de 595,17 MPa para o AA 5052. As diferenças de resistência dos corpos de prova, dependem de cada tipo de material e de sua aplicabilidade, sendo que o aço CA-50 irá suportar maior esforço de flexão que os demais aços estudados.

Palavras-chave: Força cortante, momento fletor, ensaio de flexão.

ANALYSIS OF FLEX BETWEEN METALS

ABSTRACT: Nowadays there are few comparison of results of the flexural mechanical assays between different materials, to improve the structural applicability among them. The flexural in a certain material defines its characteristics regarding to resistance under shear strength, its hardness and the capacity of storing energy while deformed. This article compared the results of shear strength and bending moment thought the three-point bending assay, carried out in different materials such as CA-25 Steel (ABNT NBR 6153), CA-25 Steel (ABNT NBR 7480 and ABNT NBR 6153), Aluminum-magnesium Alloy AA5052 (ASTM 855-90) and steel plate 1020. In the resistance limit result, it was obtained the maximum value of 2.10,27 MPa to steel CA-25, 1.435,89 to CA-25, 1.318,44 MPa to SAE 1020 and a minimum value of 595,15 MPA to AA 5052. The differences of specimens, depend on each type of material and its applicability, and the CA-50 steel will withstand a greater bending stress than the other steels studied.

KEYWORDS: Shear force, bending moment, bending test.

INTRODUÇÃO

De acordo com Garcia *et.al.* (2012), o ensaio de flexão consiste na aplicação de uma carga crescente em determinados pontos de uma barra de geometria padronizada, a qual pode estar na condição bi apoiada ou engastada em uma das extremidades. Mede-se o valor da carga versus a deformação máxima, ou a flecha (V), deslocamento dos pontos de aplicação da carga, atingida na flexão. É um ensaio muito utilizado na indústria de cerâmicos, em concreto e madeira, metais duros, como ferro fundido, aço ferramenta e aço rápido, devido ao fato de fornecer dados quantitativos da deformação que esses materiais podem sofrer quando sujeitos a cargas de flexão.

O aço CA-25 é utilizado em estruturas na construção civil como exemplo na fabricação de vergalhões para a produção de concreto armado. Possui baixo valor, resistência a corrosão, boa

soldabilidade, e, sobretudo, por aumentar as propriedades de resistência a tração e compressão (ABNT NBR 7480). O aço CA-50 também é normatizado pela ABNT NBR 7480. Essa norma descreve que o aço tem sua aplicabilidade em larga escala na construção civil por possuir alta ductilidade, o que proporciona alta resistência a concentrações de esforços de compressão e quando necessário, de flexão.

O aço SAE 1020 é um dos mais comumente utilizado na metalurgia, sendo fácil de ser forjado e soldado, utilizado como aço para cementação, logo não apresenta grãos de martensita ocasionando uma baixa resistência mecânica (ABNT NBR NM 87:2000).

A liga de alumínio magnésio AA 5052 é aplicada, principalmente, nas indústrias automotivas e aeroespaciais, por reagir bem a sistemas sujeitos a trepidações excessivas admitindo-se que possui elevada resistência a fadiga, por possuir uma estrutura que ocorre o endurecimento após sua deformação plástica, e por possuir características de boa resistência a corrosão mesmo em ambientes aquáticos. Quando comparada a ligas de aços, a liga de alumínio-magnésio possui até menos da metade de seus pesos o que faz dela um material mais leve (ASMT E855-90).

Objetivando expandir o estudo sobre o comportamento mecânico dos materiais, visto que as normas contemplam em sua maioria o ensaio de tração, este trabalho realizou ensaio de flexão em três pontos para calcular as tensões de flexões máximas nos aços CA-25, CA-50 e SAE 1020 e para a liga de alumínio-magnésio AA 5052.

MATERIAIS E MÉTODOS

As dimensões utilizadas para o ensaio de flexão possuem \varnothing de 10mm e comprimento de 300 mm para o aço CA-25, \varnothing de 10mm e comprimento de 200 mm para o aço CA-50. As chapas de alumínio AA 5052, nas dimensões de 200mm de comprimento 50mm de largura e 6mm de espessura, e do aço 1020 com dimensões de 140mm de comprimento 14mm de largura e 2mm de espessura.

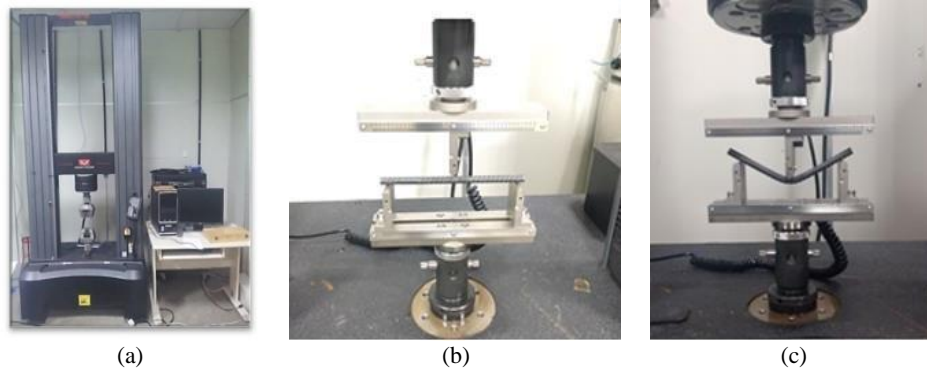
Na tabela 1 são descritas as composições químicas nominais de cada material, de acordo com as suas respectivas normas.

Tabela 1 - Composição química nominal dos materiais ensaiados conforme suas normas técnicas.

Elemento	% da composição química										Norma	
	Mn	Si	S	P	C	Fe	Cu	Cr	Zn	Al		Outros
CA-25	1,15	0,05	0,05	0,05	0,33	-	-	-	-	-	Res	ABNT NBR 7480
CA-50	0,91	-	0,026	0,03	0,26	98,77	-	-	-	-	Res	ABNT NBR 7480
SAE 1020	0,30 ~0,60	-	0,05	0,04	0,18 ~0,23	Res	-	-	-	-	Res	ABNT NBR 87:2000
AA 5052	2,20 ~2,80	-	-	-	-	0,4	0,1	0,15	0,1	Res	0,05 ~0,15	ABNT-NBR 6834

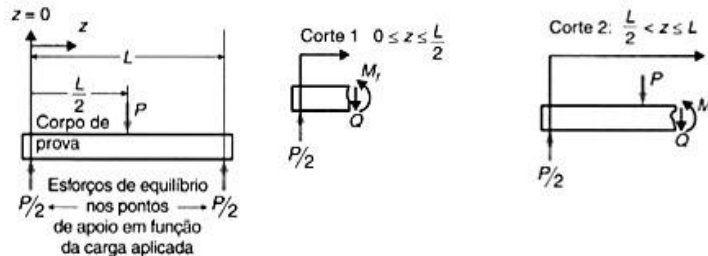
O ensaio de flexão em três pontos, foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento P&D na UEA/EST, em uma máquina de ensaio universal, marca Instron, modelo 5984, Figura 1(a), seguindo as normas ABNT NBR 6153 para o aço CA-25, normas ABNT NBR 7480 e ABNT NBR 6153 para o aço CA-50, e a norma ASMT E 855-90 para o AA5052. Na Figura 1(b) está esquematizado como foram realizados os ensaios antes da aplicação da carga e na Figura 1(c) após aplicação da flexão.

Figura 1. (a) – Máquina de ensaio universal para realização do ensaio de flexão; (b) e (c) – Esforço esquemático da máquina do ensaio de flexão em três pontos.



Na Figura 2 é demonstrado o método dos cortes das seções para o cálculo da força cortante (V) e do momento fletor (M_f) ao longo do eixo longitudinal do corpo de prova em ensaio de flexão em três pontos (Hibbeler, 2010).

Figura 2. Método dos cortes das seções.



De acordo com Garcia *et.al.* (2012), a análise da Figura 2 permite concluir que, para o intervalo $0 \leq x \leq L/2$, a força cortante e o momento fletor são definidos pelas Eqs. (1) e (2), respectivamente. Já para o intervalo $L/2 < x \leq L$, a força cortante e o momento fletor são definidos pela Eq. (3) e (4), respectivamente.

$$-\frac{P}{2} + V_f = 0 \quad \rightarrow \quad V_f = \frac{P}{2} \quad (1)$$

$$\left(-\frac{P}{2}\right) \cdot x + M_f = 0 \quad \rightarrow \quad M_f = \left(\frac{P}{2}\right) \cdot x \quad (2)$$

$$-\frac{P}{2} + P + Q = 0 \quad \rightarrow \quad V_f = -\frac{P}{2} \quad (3)$$

$$\left(-\frac{P \cdot x}{2}\right) + \left(P \cdot \left\{x - \frac{L}{2}\right\}\right) + M_f = 0 \quad \rightarrow \quad M_f = \left(\frac{P}{2}\right) \cdot (L - x) \quad (4)$$

Sendo:

L = Comprimento total;

P = Força (carga) aplicada;

V_f = Força cortante;

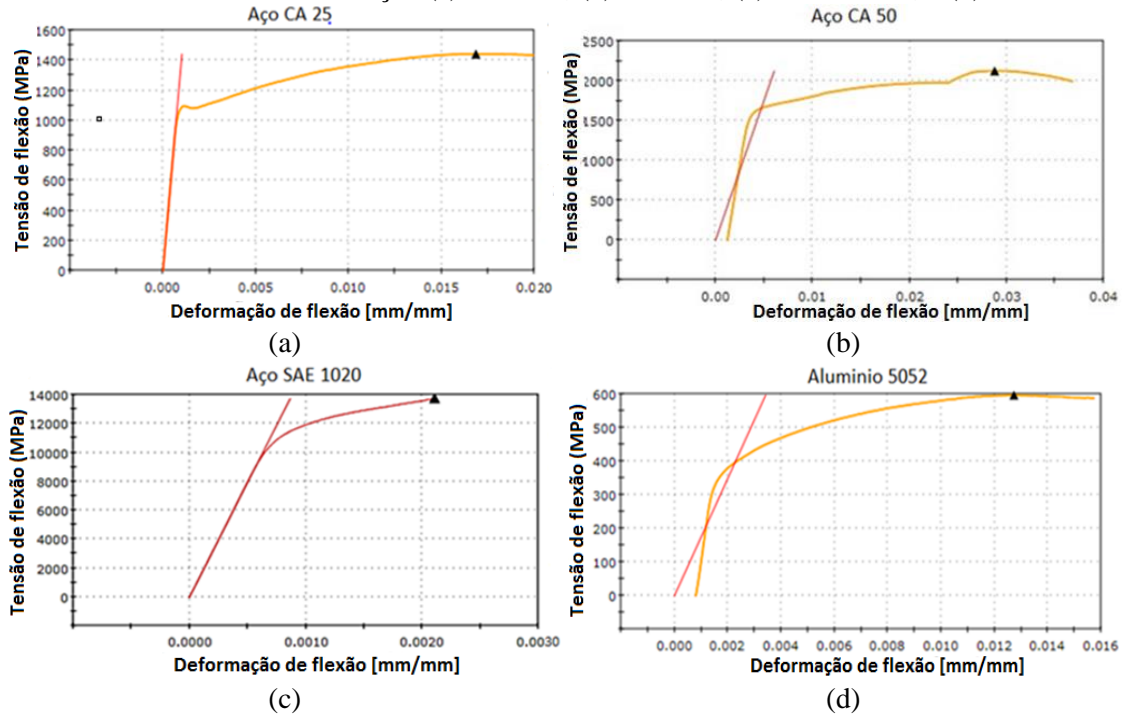
M_f = Momento fletor;

X = Comprimento após o corte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados do ensaio de flexão em três pontos, foi possível gerar os gráficos de tensão-deformação para cada corpo de prova (Figura 3) e assim, obtiveram-se os valores necessários para traçar os diagramas da força cisalhante e momento fletor, pois uma carga máxima ' P ' foi gerada e a distância ' L ' entre os apoios era conhecida.

Figura 3. Gráficos tensão - deformação (a) - CA-25; (b) - CA-50; (c) - SAE 1020; e (d) - AA 5052.



Após o ensaio de flexão foram obtidos os seguintes valores descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados comparativos entre as cargas máximas aplicadas (N) nos metais.

Comparação da carga máxima aplicada a cada metal				
Material	Carga máxima aplicada (N)	Limite de resistência a flexão (MPa)	Comprimento útil do material (mm)	Área do material (mm ²)
CA-25	1.720,40	1.435,89	150	78,54
CA-50	3.469,29	2.120,27	150	78,54
SAE 1020	233,8	1.318,44	120	28
AA 5052	2.380	595,17	150	300

Para o aço CA-25, o ensaio de flexão se demonstrou muito importante na análise das características que permitiram confrontar as informações fornecidas pelo fornecedor do vergalhão liso CA-25, onde especifica um limite de resistência à tração de 300 MPa, aproximadamente. O resultado do limite de resistência a flexão foi de 1.435,89 MPa. Quanto ao aço CA-50, ficou claro, através das análises, que apresenta um comportamento muito tenaz, ou seja, absorverá muita energia antes de ocorrer sua ruptura, o limite de resistência máxima de flexão foi de 2.120,27 MPa, valor aproximadamente 50% superior ao CA-25. Para o aço 1020 o limite a flexão foi de 1.318,44 MPa, valor este um pouco inferior ao CA-25. O alumínio AA 5052, possuiu um limite inferior aos demais materiais analisados, apresentando um limite máximo de 585,17 MPa.

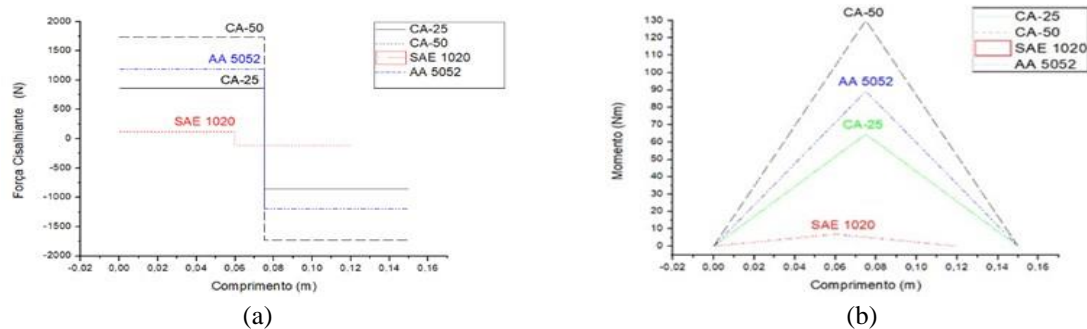
Dessa forma, pode-se calcular a tensão de flexão máxima (σ) a partir da área útil que foi utilizado nos materiais junto com a carga máxima aplicada (P), o valor da força cisalhante (V) e o momento fletor máximo ($M_{máx}$). Admitindo-se que a tensão máxima é relacionada como sendo a carga máxima aplicada sobre a área útil de cada material ensaiado para a tensão máxima de flexão, aplicando a Eq. (1) para o valor da força cisalhante e aplicando a Eq. (2) para o momento fletor máximo, os resultados são expostos na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados após o ensaio de flexão.

Resultados do Ensaio de Flexão de Três Pontos			
Material	Tensão de Flexão Máxima - σ (MPa)	Força Cisalhante - V (N)	Momento Fletor Máximo - $M_{máx}$ (N.m)
CA-25	21,9	860,2	64,515
CA-50	44,17	1.734,64	130,1
SAE 1020	8,35	116,9	7,014
AA 5052	7,93	1.190	89,25

Com os valores encontrados se obteve o gráfico da força cortante (V), mostrado na Figura 4 (a), e do momento fletor (M) demonstrado na Figura 4 (b).

Figura 4. Representação gráfica de (a) – forças cortantes; e (b) momento fletor.



CONCLUSÃO

Pelo ensaio de flexão foi observado as propriedades dos materiais ensaiados quando submetidos a esforços cisalhantes. A tensão de flexão varia proporcionalmente em relação a deformação até a área elástica do material. Ademais, pode-se afirmar que o material que apresenta maior comportamento tenaz foi o aço CA-50, ou seja, absorve muita energia antes de ocorrer a ruptura, seguido pelo aço CA-25 que ainda pode ser caracterizado como um material excelente para aplicar na área de construção civil, por possuir boa resistência a esforços de flexão. O aço 1020, quando analisado em relação ao AA 5052 possui limite de resistência a flexão superior a 110% e em relação às classes CA é inferior. O alumínio AA 5052 foi o que resultou em um menor limite de resistência a flexão aos demais materiais estudados.

Com a realização desses ensaios pode ser determinado a aplicação de cada material nas indústrias, pois é possível identificar onde o mesmo terá um melhor rendimento.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 209: Alumínio e suas ligas – Composição química, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 87:2000: Aço carbono e ligados para construção mecânica - Designação e composição química, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6153: Produto metálico - Ensaio de dobramento semi-guiado, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480: Aço destinado a armadura de concreto armado – Especificações, 2008.
- ASTM E855-90: Standard Test Methods for Bend Testing of Metallic Flat Materials for Spring Applications Involving Static Loading, 1995.
- Comercial Gerdau. 2015. Disponível em: <https://www.comercialgerdau.com.br/pt/produtos/vergalhao-ca-25#ad-image-0>. Acesso em: 6 de janeiro de 2018.
- Construção Mercado Negócios de Incorporação e Construção. 2009. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/26/artigo283493-1.aspx>. Acesso em: 6 de janeiro de 2018.
- GARCIA, A., SPIM, J. A. e SANTOS, C.A., 2012, “Ensaio dos materiais”, LTC, Rio de Janeiro, 2. ed.
- HIBBELER, R. C., 2010, “Resistência dos Materiais”, Prentice Hall, Rio de Janeiro, 7. ed.