

Ensaios de fadiga em componentes mecânicos em escala

Rafael Criscoulo de Carvalho

Roberto Eiki Oshiro

Escola de Engenharia de São Carlos – USP

rafaelcriscoulo@usp.br

Objetivos

É amplamente reconhecido na literatura que a fadiga do material é influenciada de forma significativa pelas dimensões do componente: componentes com tamanhos diferentes apresentam resistência distintas em relação à fadiga. Neste trabalho, o principal objetivo é o desenvolvimento e fabricação dos espécimes em escala, assim como a realização dos ensaios de fadiga dessas peças. O estudo faz parte de um projeto mais abrangente do estudo de similaridade aplicada ao fenômeno de fadiga mecânica.

Métodos e Procedimentos

O projeto necessita que sejam feitos testes de fadiga em pelo menos duas escalas distintas de forma a avaliar o efeito das dimensões da peça na curva tensão x número de ciclos (curva S-N). Para simplificar os ensaios de forma a empregar peças mais simples, a geometria para os testes experimentais foi determinada conforme as diretrizes da norma ASTM E466-21 (ASTM International, 2021), destinada para testes de fadiga axial com amplitude constante em materiais metálicos. Levando em consideração as limitações da máquina de fadiga, duas geometrias distintas, em escala 1:1 e 1:2 (Figura 1) foram projetadas. Estas geometrias foram baseadas no espécime com raio contínuo entre as extremidades da norma.

O projeto também desenvolveu os espécimes de forma que ambas as escalas tivessem o mesmo fator de concentração de tensão. O material selecionado para a fabricação dos espécimes é a liga de alumínio 6063-T6, devido à sua facilidade de usinagem. Porém, o principal fator que determinou a escolha desse material é a considerável quantidade de trabalhos sobre a fadiga dessa liga e um trabalho prévio estudando o efeito de escala em fadiga que foi realizado por Sempruch e Tomaszewski (2011).

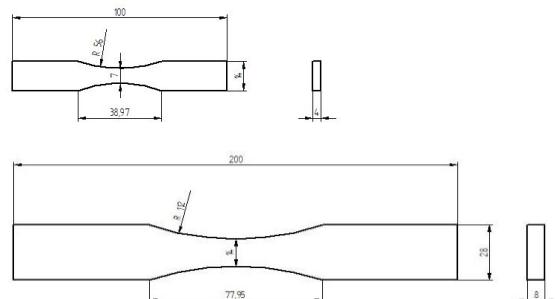


Figura 1. Espécimes projetados para os ensaios de fadiga.

Com a assistência dos técnicos do LAMAFE, foi desenvolvido um dispositivo de fixação para usinar o espécime em escala 1:2 utilizando a máquina CNC. As peças foram fabricadas com o objetivo de minimizar a rugosidade superficial, uma vez que o projeto foca

exclusivamente no estudo do efeito de escala, isolando outros fatores que poderiam influenciar a curva S-N.

Os dois espécimes foram submetidos a testes estáticos de tração para averiguar se as propriedades materiais são similares. Isso se deve ao fato de que as barras, comercializadas em comprimentos de 6 metros e produzidas por trefilação do metal, podem apresentar pequenas variações nas propriedades mecânicas finais, as quais devem ser avaliadas.

Resultados

Nesta etapa do projeto, foram realizados ensaios estáticos em seis espécimes, sendo utilizados três modelos (escala 1:2) e três protótipos (escala 1:1). Os ensaios foram conduzidos utilizando a máquina de tração universal, EMIC DL10000 com uma velocidade controlada de 3 mm/min, garantindo a condição quase-estática. A tensão de escoamento média medida para o protótipo foi de 229 MPa e a tensão de ruptura foi de 263 MPa. Os valores da liga de alumínio encontrados no datasheet (matweb, 2024) são de 214 MPa e 241 MPa, ou seja, o espécime em escala 1:1 apresenta tensão de escoamento 7% superior e tensão de ruptura 9% acima do valor catalogado para o material. A diferença para o modelo foi superior, em torno de 18% tanto para a tensão de escoamento como para a tensão de ruptura. Os valores dos ensaios são resumidos na Tabela 1.

Tabela 1: Dados obtidos dos ensaios estáticos.

	corpo de prova	tensão de escoamento (MPa)	tensão de ruptura (MPa)
protótipo	1	241	274
	2	225	259
	3	222	255
	valor médio	229	263
modelo	1	257	289
	2	252	286
	3	253	284
	valor médio	254	286

Comparando os dados fica claro que existe uma pequena diferença entre as propriedades materiais do modelo e do protótipo. A diferença é de 10,9% para a tensão de escoamento e de

8,7% para a tensão de ruptura. Em ambos os casos, o modelo em escala 1:2 apresentou valores maiores.

Conclusões

Na etapa atual do projeto, os espécimes foram projetados e fabricados em duas escalas distintas. Os ensaios estáticos revelaram diferenças nas propriedades dos materiais, mesmo quando as peças foram produzidas a partir do mesmo material (liga de alumínio 6063), mas com espessuras diferentes de barras planas. Posteriormente, essas variações precisarão ser ajustadas nas equações de similaridade para fadiga (Oshiro e Alves, 2012). Na próxima fase do estudo, serão realizados ensaios de fadiga para gerar as curvas S-N do material, essenciais para a análise teórica do projeto. Além disso, serão conduzidas simulações numéricas para validar as equações de similaridade.

Agradecimentos

Agradecemos os técnicos de laboratório Mário e Thiago, do LAMAFE, pelo auxílio na construção dos espécimes. Assim como Kauê, Douglas e o prof. Jefferson do departamento de Engenharia de Materiais por ajudar na condução dos ensaios estáticos, assim como no planejamento dos ensaios de fadiga.

Referências

ASTM International. ASTM E466-21: Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials. ASTM International, 2021.

matweb. Disponível em <<https://www.matweb.com/>>. Acesso em 14 de Agosto de 2024.

Oshiro, R.E.; Alves, M. Predicting the behaviour of structures under impact loads using geometrically distorted scaled models. *Journal of Mechanics and Physics of Solids*, v. 60, p. 1330-1349, 2012.

Sempruch, J., Tomaszewski, T. Application of mini specimens to high-cycle fatigue tests. *Journal of Polish CIMAC*, v. 6, p. 279-288, 2011.