



SICIT 2021

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

ISSN 2595-9417

27 de setembro a
01 de outubro de 2021

Universidade de Itaúna

VERIFICAÇÃO À FADIGA DE VIGAS DE ROLAMENTO PARA SUSTENTAÇÃO DE PONTES ROLANTES

Ana Clara Fonseca Rabelo, aluna de Engenharia Mecânica, UIT, anaclara0922@gmail.com
Luís Henrique Teles Silva, aluno de Engenharia Mecânica, UIT, luishenriqueteles@hotmail.com
Ewerton A. de Sousa Nogueira, professor de Engenharia Mecânica, UIT, ewerton@uit.br
José Felipe Dias, professor de Engenharia Mecânica, UIT, jfelipe@uit.br

Resumo: Vigas de rolamento são elementos estruturais que têm por finalidade sustentar o caminho de rolamento das pontes rolantes e transmitir os esforços por elas causados para as estruturas suportes. As pontes rolantes provocam, na estrutura de sustentação, cargas dinâmicas com variação cíclica, exigindo que as vigas de rolamento sejam verificadas à fadiga para que tenham vida útil igual ou superior aos componentes estruturais da ponte rolante, de acordo com sua classe. São verificadas à fadiga vigas de rolamento biapoiadas com 6 e 10 metros de vão para suportar ponte rolantes com 100 e 300 kN, soldadas em aço ASTM A 36 e ASTM A 572 grau 50, respectivamente. Analisou-se a influência na vida à fadiga dos enrijecedores intermediários soldados na mesa inferior e interrompidos a uma distância do topo da mesa inferior igual a quatro vezes a espessura da alma, utilizando normas nacionais (AISC, 2005; ABNT NBR 8800, 2008) e internacionais (IIW, 2008; DNV, 2011). Também foi possível classificar cada viga de rolamento de acordo com as classes estabelecidas pela normas NBR 8400 (2019) e AISC *Design Guide 7* (2005). Conclui-se ainda que os enrijecedores intermediários, quando prolongados até a mesa inferior, reduzem a vida da viga à fadiga, confirmando a importância de os mesmos serem interrompidos a uma distância da mesa inferior que pode variar entre quatro a seis vezes a espessura da alma.

Palavras-chave: Fadiga. Viga de rolamento. Dimensionamento. Estruturas de aço.

1 Introdução

As pontes rolantes são equipamentos utilizados no levantamento e movimentação de cargas e estão presentes em edifícios industriais, galpões de armazenamentos, hangares, portos e aeroportos.

As vigas de rolamento sustentam os caminhos de rolamento, constituídos por trilhos ou barras de seção quadrada, que possibilitam o deslocamento longitudinal das pontes rolantes e transmitem os esforços por elas causados aos demais elementos estruturais da edificação. As pontes rolantes provocam na estrutura de sustentação, cargas dinâmicas com variação cíclica, exigindo que as vigas de rolamento sejam verificadas à fadiga para que tenham vida útil, igual ou superior, aos componentes estruturais e mecânicos da ponte rolante, de acordo com sua classe.

O termo fadiga refere-se ao processo gradual de mudança estrutural localizada permanente em um material sujeito a condições que produzem tensões e deformações flutuantes em algum ponto, ou pontos, e que pode culminar em trincas ou em fratura, depois de um número suficiente de flutuações. Cada vez mais, compreende-se que componentes estruturais que operam sob carregamentos variáveis, choques ou vibrações devem incluir a verificação à fadiga no dimensionamento dos elementos estruturais como previsto por normas nacionais (AISC, 2005;

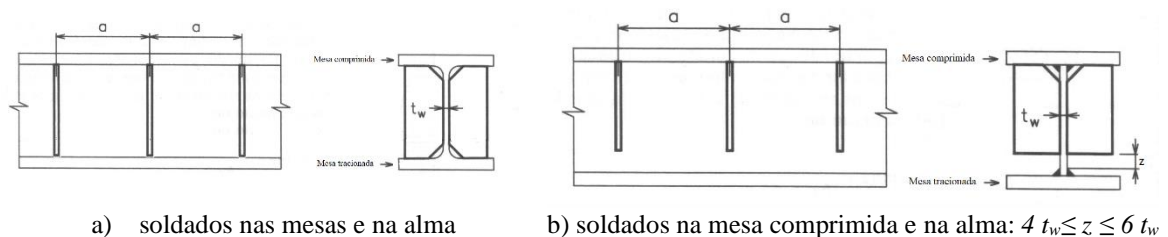
ABNT NBR 8800, 2008) e pelo *International Institute of Welding* (IIW, 2008) e pela *Det Norske Veritas* (DNV, 2011).

Fisher, autor do *AISC Design Guide 7* (2005), estima que 90% dos problemas em vigas de rolamento estão relacionados com trincas provocadas por fadiga que ocorrem principalmente nas juntas soldadas. Sendo os enrijecedores intermediários um dos pontos críticos e portanto, selecionados para estudo neste trabalho.

De acordo com o AISC (2005) e a ABNT NBR 8800 (2008) os enrijecedores intermediários ilustrados na Figura 1, podem ser de dois tipos:

- a) soldados na mesa comprimida, alma e mesa tracionada;
- b) soldados na mesa comprimida, alma e interrompidos, a uma distância da mesa tracionada, entre quatro a seis vezes a espessura da alma, t_w . Pois, segundo Salmon; Johnson; Malhas (2009) soldar o enrijecedor na mesa tracionada aumenta o risco de falha por fadiga ou fratura frágil.

Figura 1 – Tipos de enrijecedores intermediários permitidos pela normas AISC (2005) e NBR 8800 (2008)



Fonte: Adaptado de SALMON; JOHNSON; MALHAS (2009, p.555)

É apresentada na Figura 2 a metodologia de verificação à fadiga de elementos estruturais contendo juntas soldadas proposta por Branco; Fernandes; Castro (1999), que possibilita uma visão geral das principais etapas do processo.

O dimensionamento ou verificação de estruturas soldadas sujeitas a solicitações cíclicas já está regulamentado por normas nacionais e internacionais. Para uma visão geral destas normas, metodologias, aplicações, restrições e limitações, sugerem-se consultar Moura; Fernandes; Castro (1999); Castro; Meggiolaro (2009); Tremarin; Pravia (2017).

Para a previsão à fadiga de juntas soldadas, o IIW (2008) e a DNV-RP-C203 (2011) utilizam a Equação (1), a ABNT NBR 8800 (2008) utiliza a Equação (2) e o AISC (2005) a Equação (3):

$$N = \frac{C}{\Delta\sigma^m}; \Delta\sigma \geq \Delta\sigma_L \quad (1)$$

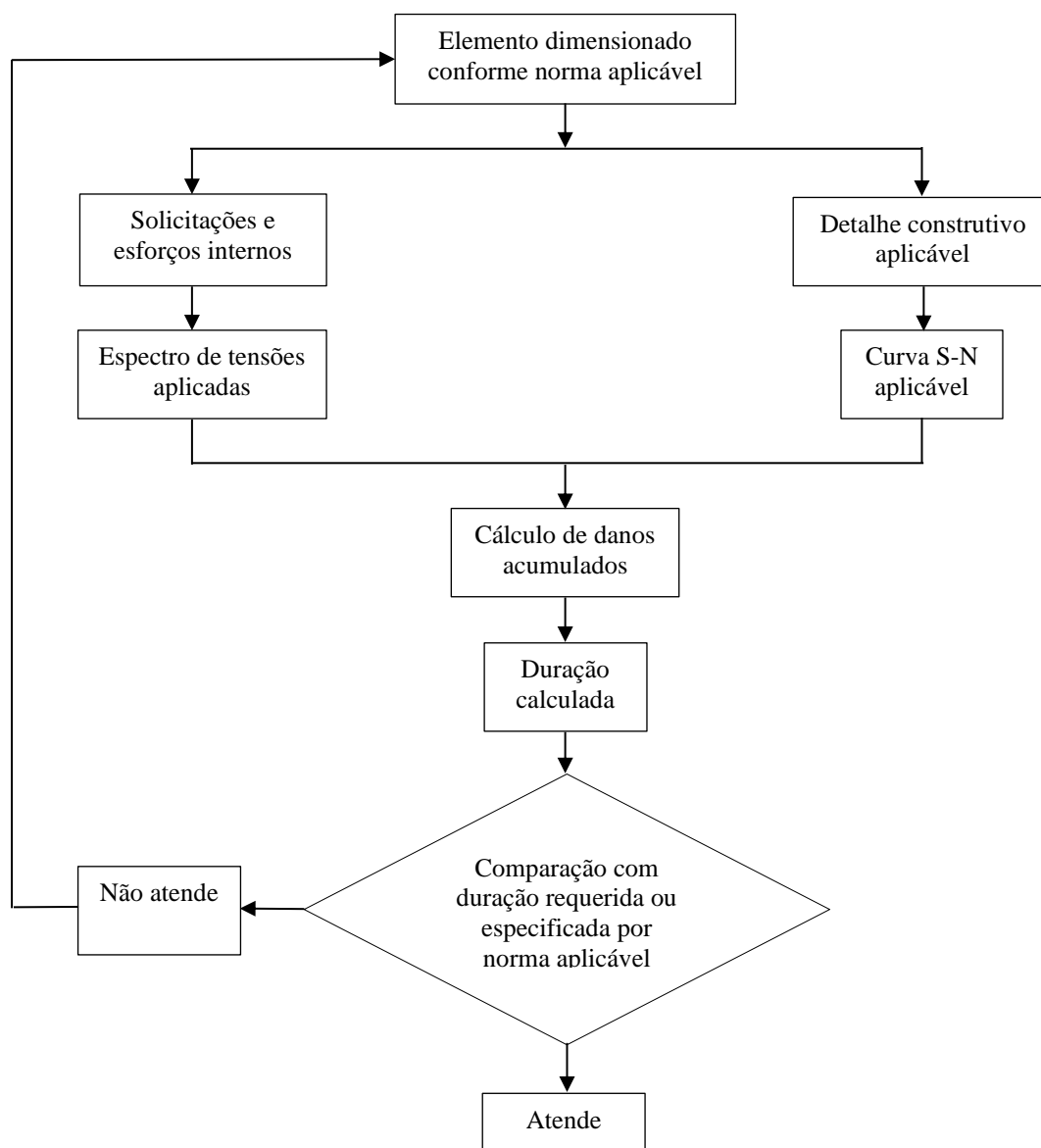
$$N = \frac{327 C_f}{\sigma_{SR}^m}; \sigma_{SR} \geq \sigma_{TH} \quad (2)$$

$$N = \frac{329 C_f}{F_{SR}^m}; F_{SR} \geq F_{TH} \quad (3)$$

Onde:

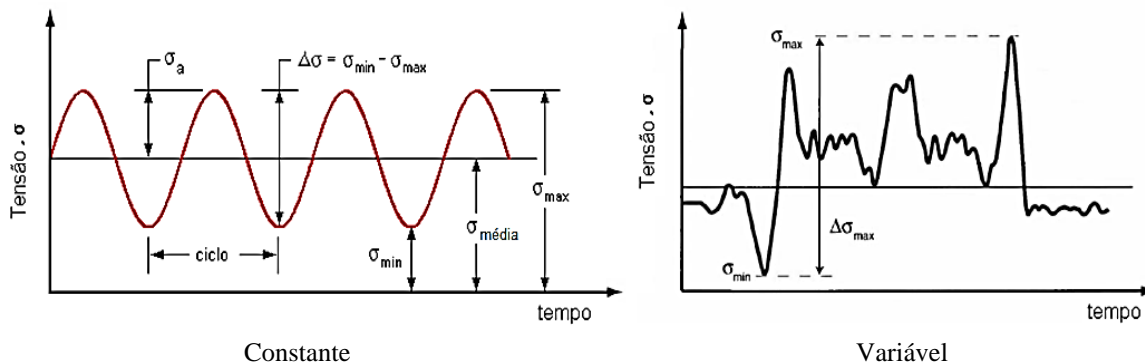
- N : número de ciclos de variação de tensões durante a vida útil da estrutura, vida à fadiga;
- $\Delta\sigma$; σ_{SR} ; F_{SR} : gama de tensões; faixa admissível de variação de tensão, explicitado na Figura 3;
- C ; C_f : constante específica para cada detalhe construtivo, classe ou categoria, conforme valores apresentados nos Quadros 1 e 2;
- m : expoente ou inclinação:
 - $m = 3$ para AISC (2005) e NBR 8800 (2008);
 - $m = 3$ para IIW (2008) e DNV (2011) para $N \leq 1 \times 10^7$ ciclos;
- $\Delta\sigma_L$; σ_{TH} ; F_{TH} : limite de fadiga; limite admissível de variação de tensões, para um número infinito de ciclos de solitação.

Figura 2 – Etapas do processo de verificação à fadiga de elementos estruturais contendo juntas soldadas



Fonte: Adaptado de MOURA; FERNANDES; CASTRO (1999, p.692).

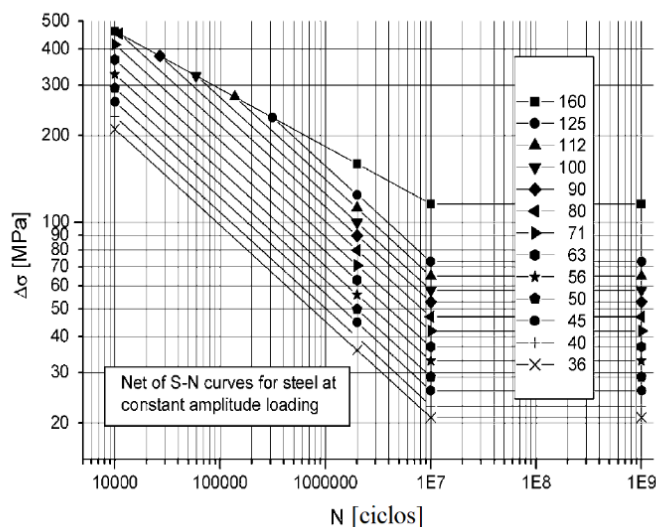
Figura 3 – Espectro de tensões com amplitude (σ_a) e variação de tensão ($\Delta\sigma = \sigma_{SR} = F_{SR}$) constantes e variáveis



Fonte: Dos autores

As curvas S-N fornecidas pelas normas, em geral são separadas em classe de igual resistência à fadiga, tipo de junta soldada e qualidade da solda. As curvas S-N do IIW (2008) e DNV (2011) representam uma probabilidade de sobrevivência de pelo menos 95% ou 5% de probabilidade de falha. Apresentam-se na Figura 4 curvas S-N normalizadas pelo IIW (2008).

Figura 4 – Curvas S-N de resistência à fadiga de aço, tensão normal, amplitude constante.



Fonte: IIW (2008, p.43)

Embora não seja objetivo deste trabalho aprofundar nos critérios das normas citadas, é importante destacar que as curvas S-N padronizadas das juntas soldadas, independem da resistência do material de base, do tipo de eletrodo e da tensão média nominal, desde que as juntas soldadas estejam aprovadas por critérios de qualidade (CASTRO; MEGGIOLARO, 2009).

De acordo com a metodologia apresentada na Figura 2, para verificar vigas de rolamento à fadiga é necessário selecionar o detalhe construtivo aplicável aos enrijecedores intermediários apresentados na Figura 1. Os Quadros 1 e 2 apresentam os parâmetros das Equações (1) a (3) para os dois tipos de enrijecedores intermediários. A metodologia utilizada para determinar o acúmulo de danos é definida pela norma de verificação de vida à fadiga ou pela norma regulamentadora aplicável à ponte rolante suportada pela viga de rolamento.

Quadro 1 – Detalhe construtivo e parâmetros de fadiga das normas selecionadas, aplicáveis a enrijecedor intermediário soldado às mesas e à alma da viga de rolamento, Figura 1a

Norma	Nº	Detalhe construtivo	Categoria ou classe	Constante C ou C _f	$\Delta\sigma_L$; σ_{TH} ; F _{TH} (MPa)	Observação
IIW (2008)	511		80	$1,024 \times 10^{12}$	46,78	Enrijecedor transversal não carregado. Sem acabamento na junta soldada.
DNV (2011)	9		E	$1,024 \times 10^{12}$	46,78	de ≥ 10 mm
			F	$7,16 \times 10^{11}$	41,52	de < 10 mm
AISC (2005) NBR 8800 (2008)	5.7		C	44×10^8	69,00	Metal-base em almas ou mesas de vigas, no pé de filetes de solda adjacentes a enrijecedores transversais soldados.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir das normas citadas.

Quadro 2 – Detalhe construtivo e parâmetros de fadiga das normas selecionadas, aplicáveis a enrijecedor intermediário soldado à mesa comprimida e à alma da viga de rolamento, Figura 1b

Norma	Nº	Detalhe construtivo	Categoria ou classe	Constante C ou C _f	$\Delta\sigma_L$; σ_{TH} ; F _{TH} (MPa)	Observação
IIW (2008)	512		80	$1,024 \times 10^{12}$	46,78	Utilizar tensão principal para calcular $\Delta\sigma$.
DNV (2011)	9		E	$1,024 \times 10^{12}$	46,78	Utilizar tensão principal para calcular $\Delta\sigma$ quando o enrijecedor terminar na alma
AISC (2005) NBR 8800 (2008)	5.7		C	44×10^8	69,00	Metal-base em almas ou mesas de vigas, no pé de filetes de solda adjacentes a enrijecedores transversais soldados.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir das normas citadas.



Após determinar a vida à fadiga da viga de rolamento é necessário verificar se o valor obtido é adequado à duração total do uso da ponte rolante. Os equipamentos de elevação e movimentação de cargas são classificados em grupos com base em classes de utilização, espectro de carga ou condição de serviço. A norma ABNT NBR 8400 (2019) com base na duração total do uso utiliza dez classes conforme Quadro 3. O *AISI Design Guide 7* (2005) segue a classificação utilizada pelo *Crane Manufacturers Association of America* (CMAA 70) que utiliza seis classes, Quadro 4. Ambas as normas apresentam metodologia para cálculo do número de ciclos equivalentes para cargas inferiores à carga máxima.

Quadro 3 – Classes de utilização de equipamentos conforme norma ABNT NBR 8400

Símbolo	Duração total do uso		
	número $n_{máx}$ de ciclos de elevação		
U0		$n_{máx} <$	16.000
U1	16.000	$< n_{máx} <$	32.000
U2	32.000	$< n_{máx} <$	63.000
U3	63.000	$< n_{máx} <$	125.000
U4	125.000	$< n_{máx} <$	250.000
U5	250.000	$< n_{máx} <$	500.000
U6	500.000	$< n_{máx} <$	1.000.000
U7	1.000.000	$< n_{máx} <$	2.000.000
U8	2.000.000	$< n_{máx} <$	4.000.000
U9	4.000.000	$< n_{máx} <$	

Fonte: ABNT NBR 8400 (2019, p. 8)

Quadro 4 – Classificação de equipamentos em função da vida de projeto, conforme CMAA 70

Classificação	Vida de projeto
A	20.000
B	50.000
C	100.000
D	500.000
E	1.500.000
F	$> 2.000.000$

Fonte: *AISI Design Guide 7* (2005, p. 46)

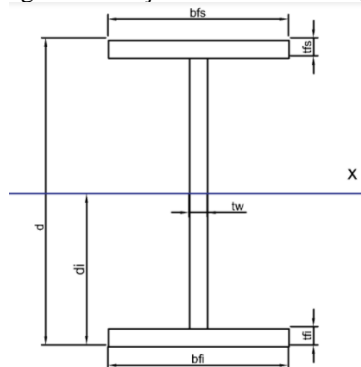
Infelizmente a verificação à fadiga de elementos estruturais e especificamente elementos contendo juntas soldadas, como as vigas de rolamento, não são abordadas na maioria dos cursos de graduação em Engenharia Mecânica ou Civil, apesar da existência de normas nacionais e internacionais. Portanto, os objetivos deste trabalho são:

- utilizar e comparar metodologias de verificação à fadiga de juntas soldadas disponíveis em normas nacionais (ABNT NBR 8800, 2008; AISC, 2005) e internacionais (IIW, 2008 e DNV, 2011) aplicando-as na verificação à fadiga de vigas de rolamento contendo dois tipos de enrijecedores intermediários;
- classificar as vigas de rolamento, em função da vida à fadiga, com as classes de equipamentos estabelecidas pela norma NBR 8400 (2019) e o *AISI Design Guide 7* (2005);
- proporcionar um material inicial de consulta para estudantes e profissionais da área de projeto.

2 Metodologia

Foi utilizada a metodologia de verificação à fadiga de elementos estruturais contendo juntas soldadas proposta por Branco; Fernandes; Castro (1999) já apresentada na Figura 2. Foram selecionadas duas vigas de rolamento biapoiadas: uma dimensionada por Bellei (2010), e outra por Fabeane; Ficanha; Pravia (2012). Os dados utilizados para cada uma estão na Figura 5 e no Quadro 5.

Figura 5 – Seção transversal da viga



Fonte: Dos autores

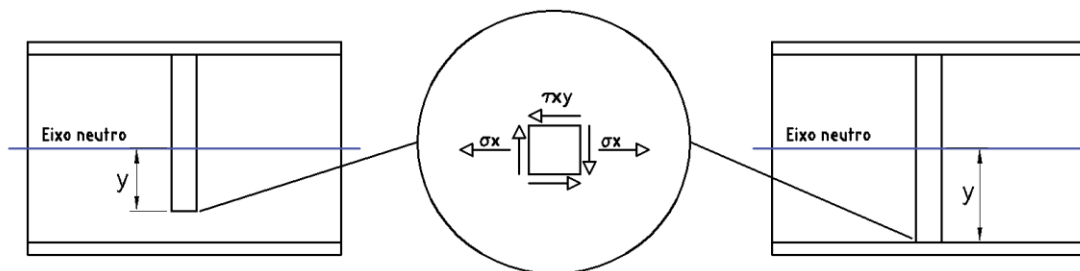
Quadro 5 – Dados utilizados para cada viga de rolamento

Descrição	VSA 600x81 kg/m	Seção I soldada
Vão da viga de rolamento, L (m) (Figura 7)	6	10
Distância entre rodas, a (m) (Figura 7)	3,4	3,15
Fator de impacto vertical	25%	25%
Carga máxima na roda, P_1, P_2 (kN) (Figura 7)	115	255,13 e 224,13
d (mm)	600	1300
d_i (mm)	351,9	650
b_{fs} (mm)	300	300
b_{fi} (mm)	200	300
t_{fs} (mm)	12,5	12,5
t_{fi} (mm)	9,5	12,5
t_w (mm)	8	9,5
$z = 4t_w$ (mm) (Figura 1b)	32	38
Distância y do pé do enrijecedor interrompido ao eixo neutro (mm) (Figura 6)	310,4	599,5
Distância y do pé do enrijecedor soldado à mesa inferior ao eixo neutro (mm) (Figura 6)	342,4	637,5
Fonte	BELLEI (2010)	FABEANE; FICANHA; PRAVIA (2012)

Fonte: Dos autores

Foi analisada a influência na vida à fadiga dos enrijecedores intermediários soldados às mesas e à alma da viga, e dos enrijecedores intermediários soldados à mesa superior e à alma, interrompidos a uma distância do topo da mesa inferior igual a quatro vezes a espessura da alma.

Figura 6 – Vigas com enrijecedor intermediário, com representação das tensões no pé do enrijecedor em um quadrado elementar

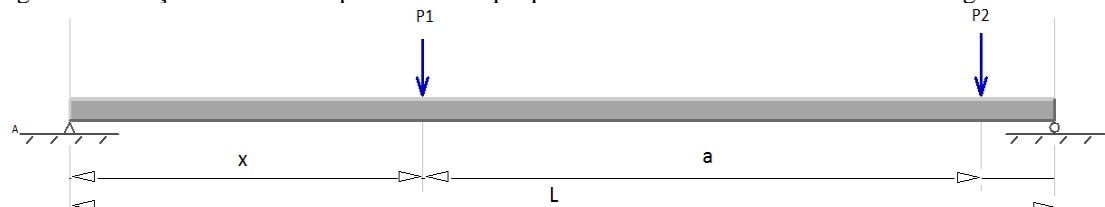


Fonte: Dos autores

2.1 Solicitações, esforços internos e espectro de tensões aplicadas

As rodas da ponte rolante provocam variações de momento fletor na viga rolamento, de acordo com a posição em que estão. A Figura 7 apresenta essa posição para o momento fletor máximo, e os dados para cada viga estão no Quadro 6.

Figura 7 – Posição das rodas da ponte rolante que provocam momento fletor máximo na viga de rolamento



Fonte: Dos autores

Quadro 6 – Dados para a situação de momento fletor máximo nas vigas com vão de 6 e 10 metros

L (m)	6	10
x (m)	2,2	4,3
a (m)	3,4	3,1
P1 (kN)	115	255,13
P2 (kN)	115	224,13

Fonte: Dos autores

A variação de tensão normal $\Delta\sigma_x$ e a variação de tensão cisalhante $\Delta\tau_{xy}$ nas vigas correspondem à diferença entre a tensão máxima (gerada pelo peso próprio da viga somado à carga máxima com impacto da ponte rolante) e a tensão mínima (gerada pelo peso próprio da viga de rolamento).

A variação de tensão normal $\Delta\sigma_x$, conforme Figura 3, é dada pela equação:

$$\Delta\sigma_x = \frac{M \cdot y}{I_x} \quad (4)$$

Onde:

- M equivale ao momento fletor máximo na viga gerado pela ponte rolante, já calculado pelas referências citadas e conferido pelos autores;
- y é a distância do pé do enrijecedor até o eixo neutro, ilustrado na Figura 6;
- I_x é o momento de inércia da viga em relação ao eixo x .

A variação de tensão cisalhante $\Delta\tau_{xy}$ é dada pela equação:

$$\Delta\tau_{xy} = \frac{V \cdot Q}{I_x \cdot t_w} \quad (5)$$

Onde:

- V é a força cortante para quando o momento fletor é máximo;
- Q é o momento estático da seção em relação ao pé do enrijecedor;
- I_x é o momento de inércia em relação ao eixo x ;
- t_w é a espessura da alma da viga.



Já a variação das tensões principais $\Delta\sigma_{1,2}$ é calculada pela equação:

$$\Delta\sigma_{1,2} = \frac{\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta\sigma_x - \Delta\sigma_y}{2}\right)^2 + \Delta\tau_{xy}^2} \quad (6)$$

Onde:

- $\Delta\sigma_x$ equivale à variação de tensão normal no eixo x, calculada pela Equação (4);
- $\Delta\sigma_y$ é a variação da tensão normal no eixo y;
- $\Delta\tau_{xy}$ é a variação da tensão cisalhante, calculada pela Equação (5).

2.2 Detalhe construtivo, curva S-N aplicável e cálculo de danos acumulados

Os detalhes construtivos e as curvas S-N para cada enrijecedor já foram definidos conforme Quadros 1 e 2 e Figura 4. O cálculo dos danos acumulados foi determinado como o número de ciclos equivalentes.

3 Apresentação e discussão dos resultados

3.1 Esforços internos, propriedades geométricas e tensões nas vigas

Para o enrijecedor intermediário soldado à mesa comprimida e à alma, considerou-se a faixa admissível de variações de tensões igual à variação de tensão principal na viga $\Delta\sigma_1$. Já para o enrijecedor intermediário soldado às mesas e à alma, consideraram-se a faixa admissível de variações de tensões igual à variação de tensão normal na viga $\Delta\sigma_x$ e a variação de tensões cisalhantes igual a zero, não sendo necessário o cálculo do momento estático Q.

Quadro 7 – Esforços internos, propriedades geométricas e tensões nas vigas, localizadas na Figura 6

a) Viga com vão de 6 metros

Tipo de enrijecedor intermediário	soldado à mesa comprimida e à alma	soldado às mesas e à alma
M (kN.m)	177,196	177,196
Ix (mm ⁴)	590,3.10 ⁶	590,3.10 ⁷
V (kN)	82,42	0
Q (mm ³)	743.143	-
$\Delta\sigma_x$ (MPa)	93,17	102,78
$\Delta\sigma_y$ (MPa)	0	0
$\Delta\tau_{xy}$ (MPa)	12,97	0
$\Delta\sigma_1$ (MPa)	94,94	102,78

Fonte: Dos autores

b) Viga com vão de 10 metros

Tipo de enrijecedor intermediário	soldado à mesa comprimida e à alma	soldado às mesas e à alma
M (kN.m)	869,73	869,73
Ix (mm ⁴)	4,749.10 ⁹	4,749.10 ⁹
V (kN)	204,49	0
Q (mm ³)	2,64x10 ⁶	-
$\Delta\sigma_x$ (MPa)	109,79 MPa	116,75
$\Delta\sigma_y$ (MPa)	0	0
$\Delta\tau_{xy}$ (MPa)	11,96	0
$\Delta\sigma_1$ (MPa)	111,08	116,75

Fonte: Dos autores



3.2 Duração calculada para as vigas e classificação de pontes rolantes

A duração das vigas à fadiga foi calculada por meio do número de ciclos, N , conforme as Equações (1), (2) e (3) de cada norma. Como os resultados da norma AISC (2005) foram muito semelhantes aos da ABNT NBR 8800 (2008), são apresentados nos Quadros 8 e 9 apenas os ciclos calculados pela norma brasileira.

Utilizaram-se as normas NBR 8400 (2019) e Design Guide 7 (2019) para classificação das pontes rolantes, cujos resultados são apresentados no Quadros 3 e 4.

Quadro 8 – Classificação de pontes rolantes com capacidade de 100 kN suportadas pela viga de rolamento com 6 metros de vão

Enrijecedor intermediário soldado à mesa comprimida e à alma				
Normas		Nº Ciclos	NBR 8400 (2019)	AISI <i>Design Guide</i> 7 (2005)
ABNT NBR 8800 (2008)		1.681.329	Classe U7	Classe E
IIW (2008)		1.196.609	Classe U7	Classe D
DNV-RP-C203 (2011)		1.196.609	Classe U7	Classe D
Enrijecedor intermediário soldado às mesas e à alma				
		Nº Ciclos	NBR 8400 (2019)	AISI <i>Design Guide</i> 7 (2005)
ABNT NBR 8800 (2008)		1.325.179	Classe U7	Classe D
IIW (2008)		943.135	Classe U6	Classe D
DNV-RP-C203 (2011)	$d_e \geq 10\text{mm}$	943.135	Classe U6	Classe D
	$d_e < 10\text{mm}$	659.458	Classe U6	Classe D

Fonte: Dos autores

Quadro 9 – Classificação de pontes rolantes com capacidade de 300 kN suportadas pela viga de rolamento com 10 metros de vão

Enrijecedor intermediário soldado à mesa comprimida e à alma				
		Nº Ciclos	NBR 8400 (2019)	AISI <i>Design Guide</i> 7 (2005)
ABNT NBR 8800 (2008)		1.049.766	Classe U7	Classe D
IIW (2008)		747.163	Classe U6	Classe D
DNV-RP-C203 (2011)		747.163	Classe U6	Classe D
Enrijecedor intermediário soldado às mesas e à alma				
		Nº Ciclos	NBR 8400 (2019)	AISI <i>Design Guide</i> 7 (2005)
ABNT NBR 8800 (2008)		904.127	Classe U6	Classe D
IIW (2008)		643.471	Classe U6	Classe D
DNV-RP-C203 (2011)	$d_e \geq 10\text{mm}$	643.471	Classe U6	Classe D
	$d_e < 10\text{mm}$	449.927	Classe U5	Classe C

Fonte: Dos autores

As vigas com os enrijecedores intermediários soldados à mesa superior e interrompidos na alma apresentaram maior vida útil na verificação à fadiga, conforme Quadros 8 e 9. Os dados obtidos em relação ao número de ciclos estão de acordo com a recomendação de Salmon; Johnson;

Malhas (2009), comprovando que soldar o enrijecedor na mesa tracionada aumenta o risco de falha por fadiga, diminuindo a vida útil da viga.

Na viga de 6 metros de vão, pelas normas ABNT NBR 8800, IIW e DNV (2011), quando a distância d_e é maior ou igual a 10mm, houve uma queda de aproximadamente 21,2% da vida útil da viga quando o enrijecedor foi soldado à mesa tracionada. Pela norma DNV (2001), quando a distância d_e é menor que 10mm, essa queda foi de aproximadamente 45%. Na viga de 10 metros de vão, pelas normas ABNT NBR 8800, IIW e DNV (2011), quando a distância d_e é maior ou igual a 10mm, houve uma queda de aproximadamente 14% da vida útil da viga quando o enrijecedor foi soldado à mesa tracionada. Pela norma DNV (2011), quando a distância d_e é menor que 10mm, essa queda foi de aproximadamente 40%.

O número de ciclos resistidos pela viga de rolamento também é utilizado para classificar os equipamentos de elevação e movimentação de cargas, pontes rolantes no caso em questão, que as mesmas suportam, conforme normas ABNT NBR 8400 (2019) e AISI *Design Guide 7* (2005), Quadros 3 e 4. Portanto, quanto maior o número de ciclos suportados pela viga, também maior a vida útil da ponte rolante e, conseqüentemente, sua classificação.

5 Conclusão

De acordo com a bibliografia referenciada, os cálculos realizados e os resultados obtidos, pode-se afirmar que o uso de enrijecedores intermediários soldados à mesa superior e interrompidos na alma possibilitam uma maior vida à fadiga das vigas de rolamento.

A diferença do número de ciclos entre as normas indica que a IIW (2008) e a DNV (2011) são mais conservadoras na determinação da vida à fadiga quando comparadas com a ABNT NBR 8800 e a AISC. A DNV (2011) é a única das normas utilizadas que prevê a diminuição da vida à fadiga da viga quando o enrijecedor intermediário é soldado à mesa inferior a uma distância menor que 10 mm da borda.

Além da importância de determinar a vida útil em relação à fadiga da viga, o número de ciclos também é necessário para selecionar os elementos de elevação e movimentação de cargas compatíveis com a solicitação da viga de rolamento e vice-versa.

Como a verificação à fadiga de elementos contendo juntas soldadas ainda não é um assunto abordado na maioria dos cursos de graduação na área de Engenharia, espera-se que a realização desta pesquisa e a divulgação dos resultados proporcionem um material inicial de consulta para estudantes e profissionais de Engenharia.

Referências

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. **ANSI/AISC 360-05**: Specification for Structural Steel Buildings. 13.ed. Chicago, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.



SICIT 2021

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

ISSN 2595-9417

27 de setembro a
01 de outubro de 2021

Universidade de Itaúna

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8400** - Equipamentos de elevação e movimentação de carga - Regras para projeto. Rio de Janeiro, 2019.

BELLEI, I.H. **Edifícios industriais em aço**: projeto e cálculo. 6 ed. São Paulo: Pini, 2010.

BRANCO, C.A.M; FERNANDES, A.A; CASTRO, P.M.S. **Fadiga de estruturas soldadas**. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999.

CASTRO, J. T. P.; MEGGIOLARO, M. A. **Fadiga - técnicas e práticas de dimensionamento estrutural sobre cargas reais de serviço**: Volume 1 - iniciação de trincas. [s. l.]: [s. n.], 2009.

DET NORSKE VERITAS. Recommended Practice. **DNV-RP-C203**: Fatigue Design of Offshore Steel Structures. Oslo, 2011.

FABEANE, R.; FICANHA, R. A.; PRAVIA, Z. M. C. Verificação à fadiga de vigas de rolamento de pontes rolantes industriais. In: **CONSTRUMETAL – CONGRESSO LATINOAMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA**, 2012, São Paulo. **Anais**, São Paulo, 2012.

FISHER, J. M. **AISC Design Guide 7**. Industrial Building: Roofs to Anchor Rods. 2.ed. Chicago: AISC, 2005.

INTERNACIONAL INSTITUTE OF WELDING. **Recommendations for Fatigue design of welded Joints and components**. Paris: IIW, 2008.

SALMON, C. G.; JOHNSON, J.E; MALHAS F.A. **Steel structures: Design and Behavior**. 5.ed. Upper Sadler River: Pearson Prentice Hall, 2009.

TREMARIN, R.C.; PRAVIA, Z.M.C. Previsões de vida fadiga segundo normas técnicas: uma revisão crítica. **Soldagem & Inspeção**, São Paulo, v.22, n. 3, p.281-299, 2017.