

Simulação numérica para análise estrutural dos cavaletes suporte de viradores de vagão por meio do método dos elementos finitos.

Rodrigo da Silva Melo (rodrigo145889@Hotmail.com, UniCEUMA); Leonardo Vinícius Lisboa da Cruz (lisboaleo77@gmail.com, UniCEUMA); Anaximandro Souza (anaxec1@gmail.com, UEMA).

Introdução

A modelagem computacional é uma área de conhecimento que se baseia no processo de aplicação de modelos matemáticos, com técnicas de computação, para o entendimento de problemas complexos, que incluem diversas áreas da ciência. Nesse sentido, foram analisados cavaletes por meio de modelagem computacional que servem de suporte para os viradores de vagões da empresa Vale, dispositivos para descarga de minério em pátios de estocagem da empresa.

O objetivo do presente trabalho é a realização de análises estáticas e análises de fadiga dos cavaletes suporte de viradores de vagão. Com o auxílio da modelagem computacional e simulações numéricas, parâmetros importantes foram analisados com o objetivo de auxiliar nas análises de manutenção, visto que a interpretação dos dados é fundamental, considerando a vida útil e a durabilidade desses elementos que são de grande importância para a rotina da empresa.

Metodologia

Modelagem Computacional

A metodologia utilizada no presente trabalho refere-se ao uso de modelos computacionais para simulação numérica utilizando o Método dos Elementos Finitos (MEF), no intuito de avaliar o comportamento estrutural dos cavaletes suporte de viradores de vagão. Nesse seguimento, utilizou-se o *software* de modelagem e simulação *Femap 11.0* e, como objeto a ser analisado, os cavaletes.

Foram utilizados elementos de casca para modelagem de todo o cavalete, elementos de barra para a ligação do pino da fixação do cabo de aço e elementos rígidos para realizar a ligação do nó fixo com superfícies das bases. Os nós com restrição foram impossibilitados de qualquer movimento a fim de obter cargas resultantes em toda a base. Todas as superfícies inferiores das bases foram inteiramente restritas, a fim de se obter uma simplificação do modelo. A figura 1 expressa os modelos com a malha de elementos finitos e suas restrições.

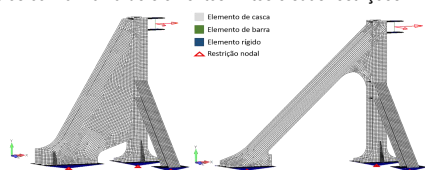


Figura 1: Modelo computacional dos cavaletes VV-311K-01 e VV-311K-02/03. Fonte: Autores 2019.

Os materiais das chapas utilizadas no cavalete VV-3011K-01 são apresentados na figura 2. Vale ressaltar que os materiais do cavalete VV-3011K-02/03 não são apresentados, visto que o mesmo é feito inteiramente de aço Q345C.

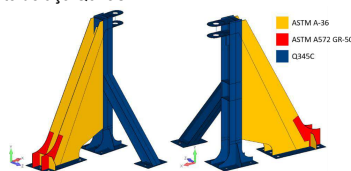


Figura 2: Material do cavalete VV-3011K-01. Fonte: Autores 2019.

As tabelas 1, 2 e 3 discriminam, respectivamente, as propriedades dos materiais dos cavaletes, suas respectivas direções, e também apresentam quatro tipos de carga utilizadas nas análises dos cavaletes.

Tabela 1: Propriedades dos materiais utilizados nos cavaletes.

Aço estrutural	Espessura da chapa [mm]	Limite de escoamento [MPa]	Módulo de elasticidade [GPa]	Peso específico [kg/m³]	Tensão admissível [MPa]
Q345C	≤16	345	200	7850	230
	16<e≤40	335			223
	40<e≤63	325			216
	63<e≤80	315			210
	80<e≤100	305			203
ASTM A572 GR-50	-	345	200	7850	230
ASTM A36	-	250			166

Tabela 2: Valores e direções das cargas atuantes.

Tipo de carga	Valor em x [kN]	Valor em z [kN]
ACD+	648	20
ACD-	648	-20
PCD+	80	20
PCD-	80	-20

Tabela 3: Tipos de Carregamento utilizados nos modelos.

Número	Descrição	Símbolo
1	Acionamento + Carga dinâmica do cabo (+)	ACD+
2	Acionamento + Carga dinâmica do cabo (-)	ACD-
3	Protensão do cabo + Carga dinâmica do cabo (+)	PCD+
4	Protensão do cabo + Carga dinâmica do cabo (-)	PCD-

Resultados e discussão

Análise Estática

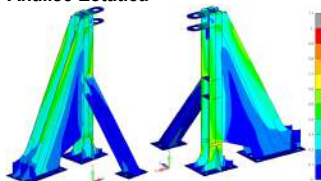


Figura 3: IU VV-311K-01 Análise Estática. Fonte: Autores 2019.

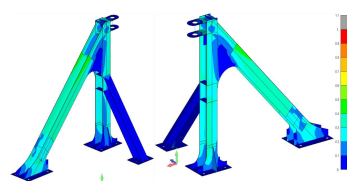


Figura 4: IU VV-311K-02/03 Análise Estática. Fonte: Autores 2019.

Análise de Fadiga – FEM Section II

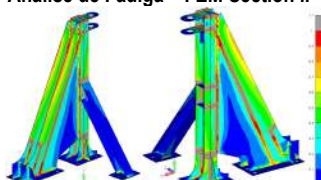


Figura 5: Análise de Fadiga FEM K4, VV-311K-01. Fonte: Autores 2019.

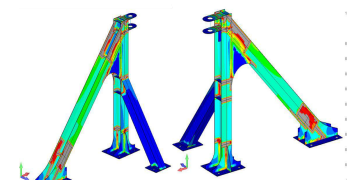


Figura 6: Análise de Fadiga FEM K4, VV-311K-02/03. Fonte: Autores 2019.

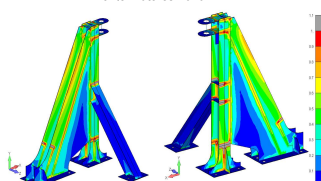


Figura 7: Análise de Fadiga FEM K3, VV-311K-01. Fonte: Autores 2019.

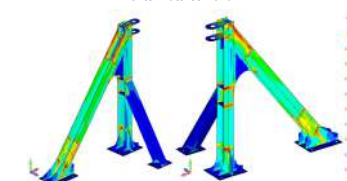


Figura 8: Análise de Fadiga FEM K3, VV-311K-02/03. Fonte: Autores 2019.

Para análise de fadiga foram consideradas 10 composições de 120 vagões por dia, sendo um ciclo a cada dois vagões com uma vida útil de 20 anos. Nessa perspectiva, considerou-se 600 ciclos por dia, totalizando 4.380.000 ciclos ao longo de toda a vida do cavalete. Como normalização, pela capacidade anual dos viradores, o ciclo final nos 20 anos de vida, foi dividido por 1,5 gerando uma vida total de 2.920.000 ciclos. As análises de fadiga seguiram a norma *European Materials Handling Federation* (FEM).

As soldas presentes em ambos os cavaletes foram consideradas como caso K4, onde a concentração de tensão nas soldas é crítica. As figuras 5 e 6 apresentam os resultados para os cavaletes de um concentrador do tipo K4. Para concentradores do tipo K4, quase toda a área foi reprovada na análise de fadiga. Realizando alguns requisitos para que a solda seja considerada como K3 (esmirlhamento e verificação por ultrassom), grande parte das áreas reprovadas foram, por conseguinte, aprovadas nesse feito, o que está expressado nas figuras 7 e 8.

Conclusão

A análise estática da estrutura do cavalete não apontou risco de falha, sendo assim esse considerado aprovado nas análises realizadas. Ressalta-se a necessidade de mais vistorias para que a peça continue em bom estado no que se refere à análise estática.

Porém, com relação à análise de fadiga, foram evidenciadas regiões da estrutura dos cavaletes com vida menor que a requerida em análise (20 anos). Portanto, serviços de manutenção, de acordo com a *FEM Section II*, devem ser prestados para que a referida estrutura apresente resultados que estejam dentro do que é previsto pela norma citada, e o risco de comprometimento do cavalete antes do tempo necessário, seja reduzido.

Agradecimento

Agradeço à Universidade CEUMA, assim como ao Laboratório de Modelagem e Simulação de Sistemas Energéticos na pessoa do Prof. Dr. Luís Jorge Mesquita de Jesus.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7165**: Símbolos gráficos de solda para construção naval e ferroviária. Rio de Janeiro, 2014. Rio de Janeiro, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: projeto e execução de estruturas de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- EUROPEAN MATERIALS HANDLING FEDERATION. **Section II**. Mobile bulk handling. Brussels, 1997.