



SELEÇÃO E APLICAÇÃO DOS AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA E RESISTENTES AO DESGASTE EM CAÇAMBAS TIPO MEIA CANA DE CAMINHÕES USADOS NA MINERAÇÃO

Caio Nelson Nogueira Napoles

Cassio S. F. Chamone

Marco Túlio Silva

Pedro Américo A. M. Júnior

Ana Laura Mendonça Almeida Magalhães

caionapoles@gmail.com

cassiochamone@gmail.com

silvatuliomec@gmail.com

paamjr@gmail.com

almam2000@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Avenida Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil – 30535-610

Resumo. A dependência brasileira no transporte rodoviário, tendo em vista a ampla malha existente e custos elevados, resultam numa necessidade de empresas reduzirem as despesas com transporte, agravadas pelos custos de manutenção e risco no transporte rodoviário. O presente trabalho tem como objetivo fazer um estudo de caso, desenvolvendo melhorias numa caçamba de mineração tipo meia-cana utilizada pela CBMM, de uso recluso em minas, tendo como enfoque a durabilidade dos componentes. Melhorias serão realizadas através da aplicação de aços de alta resistência ao desgaste nas chapas da caçamba que sustentarão carga, mantendo dimensões geométricas originais. Será possível proporcionar um aumento na vida útil desses veículos e, conseqüentemente, redução de custo da carga transportada, possibilitando o transporte de cargas maiores legalmente. Através de pesquisas sobre tipos de liga metálica e suas propriedades, escolheu-se os aços AR700 e AR450. Para este estudo, utilizando-se de softwares como o SOLIDWORKS®, para modelagem geométrica, e o software ANSYS®, para as análises estruturais em elementos finitos, analisou-se um modelo de caçamba identificando as regiões de maior concentração de tensões, favoráveis a ocorrência de falhas. Por fim, avaliou-se a possibilidade de troca do material original das chapas por materiais de maior resistência mecânica e maior resistência ao desgaste.

Palavras-chave: Veículo fora de estrada, Aços alta resistência, Caçamba, Elementos finitos.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o transporte rodoviário é responsável pela movimentação de mais de 60% de toda a carga que trafega no território nacional (CNT, 2008). Esse cenário mostra que a economia brasileira ainda é dependente do transporte rodoviário, aumentando o interesse nesta área quanto ao estudo de alternativas mais eficientes.

A proposta desta pesquisa é trabalhar com a linha de implementos de mineração que atende ao transporte de minério recluso nas minas. Busca-se realizar o estudo de caso de uma caçamba de mineração tipo meia-cana utilizada pela CBMM, objetivando realizar melhorias na aplicação de materiais para estender a vida útil dos componentes.

Com relação ao transporte recluso a minas, percebe-se que os aços de alta resistência ao desgaste têm como intuito de sua aplicação o aumento da vida útil das partes submetidas às diversas formas de desgaste, principalmente, por abrasão (BHATTACHARYA, 2014). A resistência ao desgaste é obtida aumentando-se a dureza e, em seus certificados de qualidade, menciona-se a composição química, dureza e carbono equivalente. Estes aços são aplicados em caçambas basculantes, equipamentos e partes sujeitas a este desgaste, visando aumentar a durabilidade e a extensão do tempo de operação das partes, quando submetidas ao desgaste.

2 METODOLOGIA

De início, analisa-se a ficha técnica dos materiais aplicados em caçambas de mineração atuais e dos aços de elevada resistência ao desgaste, visando obter suas principais características frente às necessidades de aplicação final. Tais características estão vinculadas a sua composição química, resultado das propriedades fundamentais do material, requisitos metalográficos, processo de fabricação, estado de fornecimento, tipos de acabamento e espessura final (CALLISTER, 2002).

Identificados os aços tradicionalmente utilizados em caçamba de caminhões de mineração, como o A36 e o SJ355, pode-se substituí-los por aços de elevada resistência mecânica e resistência ao desgaste como o AR700 e AR450. Num segundo momento, identifica-se em caçambas da CBMM fabricadas com os aços tradicionais a ocorrência de falhas em regiões específicas decorrentes dos esforços de trabalho e carregamento (Fig. 1):



Figura 1. Trincas observadas na caçamba próximas a região de basculamento da caçamba

Com a noção prévia das regiões mais suscetíveis a falhas na caçamba, realiza-se a análise por meios computacionais. Com a geometria da caçamba construída no software Solidworks®, respeitando as dimensões da caçamba modelo da CBMM, foi possível importá-la e realizar a modelagem do carregamento e a discretização da geometria utilizando o software Ansys®.

Uma vez no módulo de análise estática estrutural e com a geometria importada, insere-se um aço genérico com as seguintes propriedades: Densidade: $7,85 \times 10^3$ (g/cm³); Módulo de Elasticidade: 210000 Mpa e Coeficiente de Poisson: 0,3; para entender onde são as concentrações de tensão e a partir disso entender qual aço de alta dureza e resistência aplicar.

Após, a malha adequada para a análise é gerada, identificando-se as regiões adequadas de suporte no chassi e aplicando-se nas placas da caçamba um carregamento estático vertical de 42 toneladas, usualmente transportado.

3 RESULTADOS

Como forma de verificação do comportamento da caçamba CBMM, quando carregada, executou-se uma análise estática linear em um modelo numérico em elementos finitos, com a intenção de se verificar a distribuição das tensões no veículo carregado em tese. Para essa análise foi utilizada a plataforma Ansys®.

3.1 Modelo CAD da caçamba CBMM trabalhada

A figura 2 demonstra as vistas isométricas e superior das geometrias da caçamba CBMM que foram desenvolvidas no software Solidworks® e importadas para o Ansys® para ser executada a análise estática estrutural.

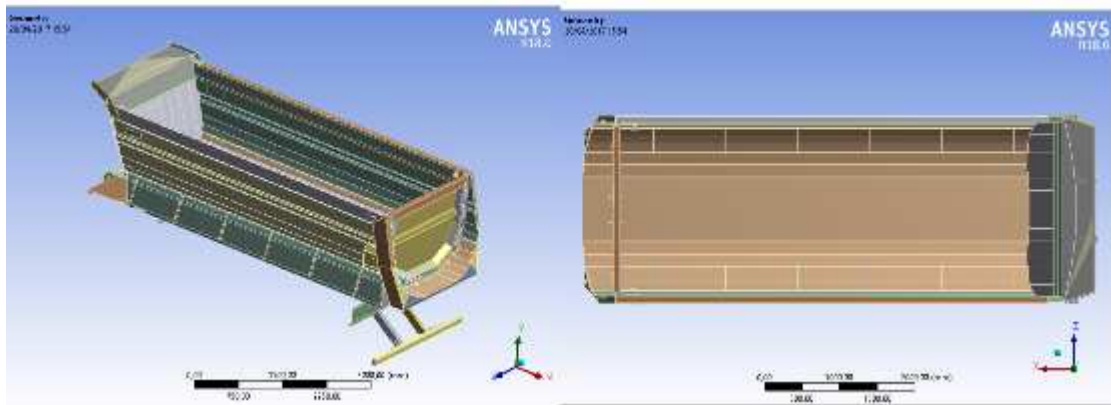


Figura 2. Geometria da caçamba CBMM

3.2 Malha Bidimensional da caçamba CBMM

A escolha dos elementos bidimensionais para gerar a malha a partir da geometria CAD da caçamba CBMM e o recurso de superfícies médias (*mid-surface*) deve-se ao fato de esse representar melhor peças com pequenas espessuras constantes, como as chapas produzidas para a montagem da caçamba CBMM.

A metodologia de adequação da malha se deu por meio de sucessivos refinamentos da malha nas regiões de estresse estudadas, que correspondem às áreas de formação de trincas da figura 1, até que a diferença entre as tensões obtidas fosse inferior a 5%. A malha ideal é obtida quando há uma convergência dos valores de tensão até determinada grandeza, associada a um erro admissível para a análise (ALVES FILHO, 2000).

A malha apresentada na figura 3 é composta por 173721 nós e 156631 elementos. A composição final é formada a partir de uma seleção automática do software, que adéqua elementos triangulares e retangulares, com homogeneidade nas dimensões e adequada transição de um tipo de elemento para outro. Em superfícies com bordas circulares ou quinas vivas, os elementos triangulares permitem melhor aproximação, sendo necessário menor refinamento da malha para uma convergência de resultados e reduzindo capacidade de processamento demandada. (ALVES FILHO, 2000).

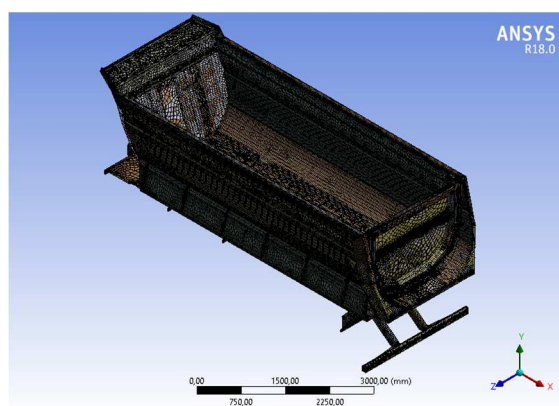


Figura 3. Vista Lateral da caçamba CBMM com a malha gerada

3.3 Pontos de Restrição da caçamba CBMM

A figura 4 mostra as condições de contorno (pontos de fixação do chassi no feixe de mola), tendo como objetivo restringir o deslocamento e a rotação dos eixos “XYZ”.

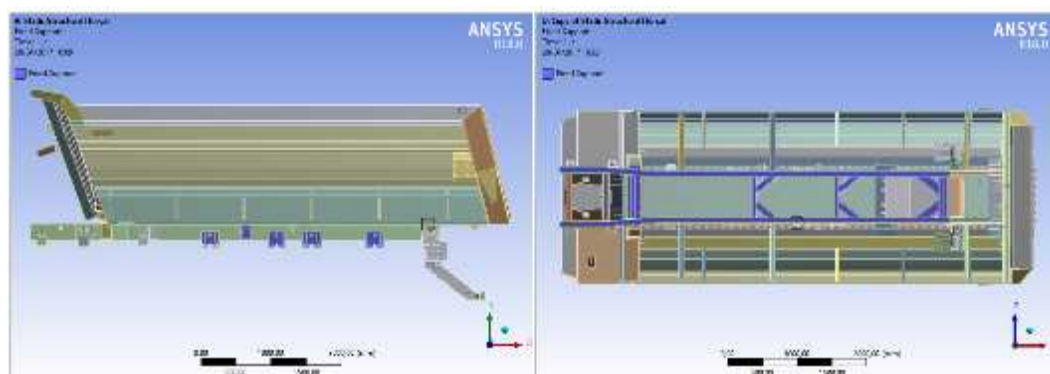


Figura 4. Vista lateral da caçamba com suportes fixos em azul e vista inferior da caçamba demonstrando o chassi fixado como suporte

3.5 Regiões de Aplicação de Carga

A figura 5 demonstra as vistas isométrica e superior com aplicação da carga vertical de 412.020 N, conforme a INMECO. As cargas foram aplicadas de maneira a serem distribuídas igualmente ao longo das chapas em vermelho localizadas no fundo da caçamba ou caixa.

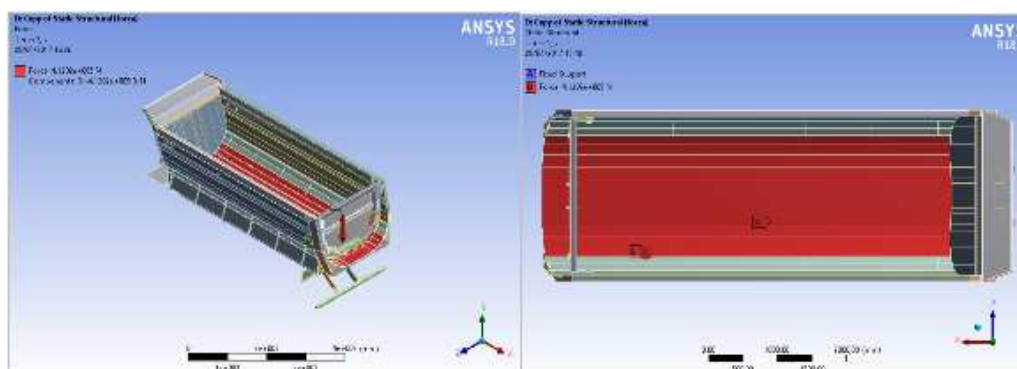


Figura 5. Vista isométrica e superior da caçamba com força aplicada sobre as chapas em vermelho
3.6 Tensões Equivalentes de Von Mises

Os resultados foram obtidos utilizando o critério de Von Mises. Na figura 8 foi verificado algumas zonas de concentração de tensão mais próximas à parte dianteira da caçamba basculante, com valores de tensão próximos a 400 Mpa. Os valores máximos das escalas, 3806,1 e 2498,4 Mpa, devem ser desprezados por se tratar de pontos de concentração de tensões e não de zonas ou regiões.

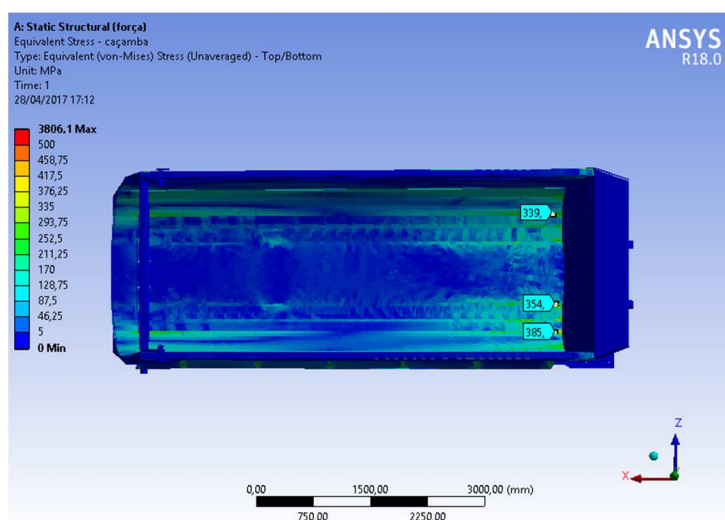


Figura 6. Tensões Equivalentes de Von-Mises (Vista Superior)

A figura 7 demonstra as chapas que compõem o fundo da caçamba CBMM. Na vista superior e a vista inferior pode-se observar a uma região, assinalada pela seta “Max”, que corresponde a área mais próxima do pistão basculante, um maior índice de concentração de tensão próximo de 400 Mpa, ou seja, áreas coincidentes com a região onde ocorrem trincas na caçamba da CBMM utilizada no trabalho de extração de minério demonstrada na Figura 1.

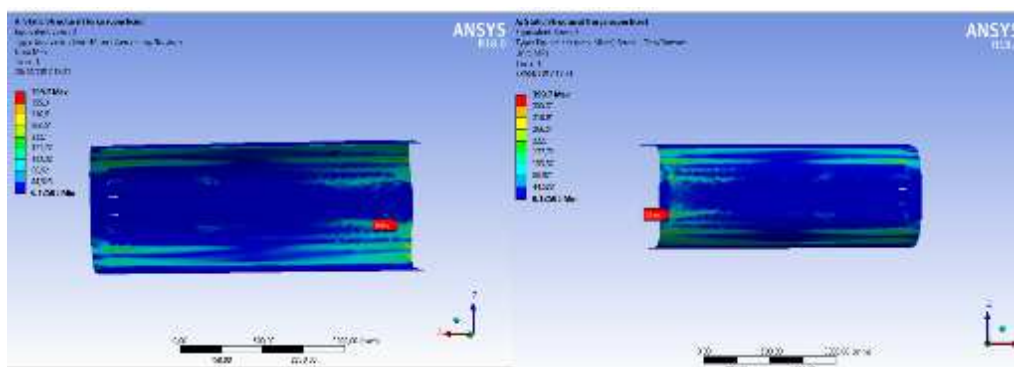


Figura 7. Tensões equivalentes nas chapas que compõem o conjunto da caçamba (Vista superior e inferior)

CONCLUSÃO

Na análise estática utilizando o aço AR 450, que possui 1200 Mpa de limite de escoamento, obteve-se resultados de tensões abaixo do limite de escoamento do material utilizado. Porém

os resultados de campo demonstrados na figura 1 mostram trincas em regiões que coincidem com regiões de maiores tensões encontradas na análise estática.

Dessa maneira, conclui-se que deverá ser feito um novo estudo de análise dinâmica com base em elementos finitos para verificar o comportamento da carga em modo de trabalho na caçamba CBMM. O referido estudo permitiria analisar a possibilidade dos defeitos serem trincas por fadiga, devido a atuação de cargas dinâmicas durante a operação e se há influência relevante ou associação, para esse estudo, da região de formação das trincas com as concentrações de tensões resultantes de processos de soldagem na união das chapas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC MINAS e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, Avelino. Elementos finitos: a base da tecnologia CAE. Tatuapé: Érica, 2000.
- BATHE, Klaus-Jürgen. Finite element procedures. Upper Sadlle River: Prentice Hall, c1996. 1037p. ISBN 0133014584.
- BHATTACHARYA, Debanshu. Microalloyed Steels for the Automotive Industry, Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração, São Paulo, v. 11, n. 4, p.371- 383, out./dez. 2014.
- CALLISTER, William D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2002.
- CHAPRA, Steven C. Applied numerical methods with MATLAB for engineers and scientists. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, c2012. xvii, 653 p. ISBN 9780073401102.
- CNT., 2008 Pesquisa Rodoviária – Relatório Gerencial. Brasília: Confederação Nacional do Transporte. Disponível em: < www.cnt.gov.br >. Acesso em: 04 março 2017.
- REDDY, J. N. Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2002. 591 p. ISBN 9780471179856.
- SABONNADIÈRE, Jean-Claude; COULOMB, Jean-Louis. Elementos finitos e CAE: aplicações em engenharia elétrica. São Paulo: Aleph, 1993. 214p.